

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

С. В. Ковалевский, А. А. Пушкин,  
Н. Я. Сидельник

# ОСНОВЫ ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ

## ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

*Рекомендовано*  
*учебно-методическим объединением по образованию*  
*в области природопользования и лесного хозяйства*  
*в качестве учебно-методического пособия для студентов*  
*учреждений высшего образования по специальности*  
*1-89 02 02 «Туризм и природопользование»*

Минск 2014

УДК 528:338.48(076.5)

ББК 26.1я73

K56

**Р е ц е н з е н т ы :**

кафедра геодезии и картографии БГУ (заведующий кафедрой  
доктор географических наук *Ю. М. Обуховский*;  
кандидат географических наук, доцент *А. П. Романкевич*);  
кандидат географических наук, доцент кафедры  
менеджмента туризма и гостеприимства  
Института туризма БГУФК *Д. А. Бессараб*

*Все права на данное издание защищены. Воспроизведение всей книги или ее части не может быть осуществлено без разрешения учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет».*

**Ковалевский, С. В.**

K56      Основы геодезии и картографии. Лабораторный практикум : учеб.-метод. пособие для студентов специальности 1-89 02 02 «Туризм и природопользование» / С. В. Ковалевский, А. А. Пушкин, Н. Я. Сидельник. – Минск : БГТУ, 2014. – 113 с.

ISBN 978-985-530-297-2.

В учебно-методическое пособие включены темы лабораторных работ, связанные с изучением основ геодезии и картографии, направленные на приобретение студентами навыков работы с картографическими материалами и геодезическими приборами, овладение методами создания топографических планов. По каждой лабораторной работе сформулирована цель, указаны обеспечивающие средства, приводится теоретический материал, касающийся изучаемой темы, даны задания и описан ход выполнения работ с поясняющими схемами и необходимыми для проведения расчетов формулами.

**УДК 528:338.48(076.5)**

**ББК 26.1я73**

**ISBN 978-985-530-297-2**    © УО «Белорусский государственный технологический университет», 2014  
© Ковалевский С. В., Пушкин А. А., Сидельник Н. Я., 2014



# ПРЕДИСЛОВИЕ

Геодезия как научная дисциплина изучает методы геодезических измерений технической точности, топографических съемок земной поверхности, а также развивает методы геодезических работ при проведении различных инженерных изысканий, строительстве и эксплуатации объектов различного назначения.

Картография является наукой о географических картах и других картографических материалах, изучает и разрабатывает методы и технологии их создания и использования, а также занимается сбором, обработкой и передачей пространственно-временной информации, обеспечивает потребности народного хозяйства самыми разнообразными и ценнейшими картографическими произведениями.

Геодезические данные в виде цифровой информации, карт и планов, аэрофото- и космических снимков в обязательном порядке используются во всех областях хозяйственной и научной деятельности.

Дисциплина «Основы геодезии и картографии» изучается студентами специальности 1-89 02 02 «Туризм и природопользование» с целью усвоения теоретических основ геодезии и картографии, необходимых при работе с картографическими материалами во время проведения лесо- и охотоустроительных мероприятий при ведении лесного хозяйства и организации работ в туристических агентствах и других организациях Республики Беларусь.

Задания, приведенные в учебно-методическом пособии, соответствуют содержанию типовой учебной программы дисциплины «Основы геодезии и картографии» (регистрационный № ТД-N.061/тип.), утвержденной учебно-методическим объединением Республики Беларусь по образованию в области природопользования и лесного хозяйства. По каждой из рассматриваемых тем лабораторный практикум включает: цель работы, перечень инструментов и принадлежностей, теоретический материал, касающийся изучаемой темы, задания и ход выполнения работ с поясняющими схемами и необходимыми формулами.

Авторы выражают благодарность рецензентам – кандидату географических наук, доценту кафедры геодезии и картографии БГУ Романкевичу А. П. и кандидату географических наук, доценту кафедры менеджмента туризма и гостеприимства Института туризма БГУФК Бессарабу Д. А. за ценные советы и предложения при подготовке к изданию данного учебно-методического пособия.

## ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Каждый студент должен иметь: тетрадь школьную в клеточку на 12 листов; бумагу чертежную – 2 листа формата А4 и 1 лист формата А2; лист бумаги-миллиметровки формата А4; инженерный калькулятор; линейку длиной 25–30 см, угольник с четко видимыми миллиметровыми делениями; циркуль-измеритель; карандаш простой или механический «0,5» со стержнем средней твердости М–2М.

При выполнении измерений на карте (плане) и местности, а также при осуществлении расчетов, необходимо придерживаться следующих указаний:

- отрезки линий на местности принято выражать в метрах, на карте или плане – в сантиметрах или миллиметрах;

- при расчетах с помощью микрокалькуляторов не требуется округлять промежуточные числовые данные, но окончательный результат следует округлить соответственно точности измеренных и искомых величин, например значения расстояний на местности округляют до 0,01 м, длины отрезков на плане – до 0,1 мм;

- следить за соблюдением одинаковой размерности величин, учитываемых в расчетах при переходе от расстояний на местности к длинам линий на плане и наоборот.

Пластмассовые линейки, как правило, непригодны для геодезических измерений на планах: они деформированы, погрешности их миллиметровой шкалы достигают 0,5–1,0 мм на 20 см длины. Удовлетворительно сохраняется точность шкалы на линейках металлических и деревянных.

Большую часть лабораторных заданий студент сдает на проверку оформленными в тетради школьной в клеточку. Расчетные задачи сопровождаются аккуратно начерченными карандашом под линейку схемами, поясняющими геометрическую сущность заданий или представляющими часть их решения. Конкретно названные графические задания оформляются на отдельных листах чертежной и миллиметровой бумаги.

# Лабораторная работа № 1

## МАСШТАБЫ ПЛАНОВ И КАРТ

*Цель лабораторной работы:* изучить принципы проецирования земной поверхности на плоскость для изображения контуров на планах и картах; усвоить понятия «план», «карта», «масштаб»; научиться строить различные виды масштабов (численный, именованный, линейный, поперечный) и пользоваться ими; определять показатель предельной графической точности для планов и карт различного масштаба.

*Обеспечивающие средства:* линейка с миллиметровыми делениями, циркуль-измеритель, металлическая масштабная линейка (ЛПМ-1), рабочая тетрадь, чертежная бумага, чертежные принадлежности.

### Общие сведения

Поверхность Земли изображают на плоскости в виде карт, планов, профилей. Карта и план являются уменьшенным изображением земной поверхности на плоскости. Карты и планы применяются для ориентирования на местности, а также разработки лесохозяйственной и строительной документации.

При составлении карт и планов сферическую поверхность Земли проецируют на горизонтальную плоскость, и полученное изображение уменьшают до требуемого размера.

Для составления топографических планов применяют метод ортогонального проецирования. Его сущность: все точки местности переносят на горизонтальную плоскость по отвесным линиям, параллельным друг другу и перпендикулярным горизонтальной плоскости.

В результате на горизонтальной поверхности получают проекции точек и линий ( $d$ ).

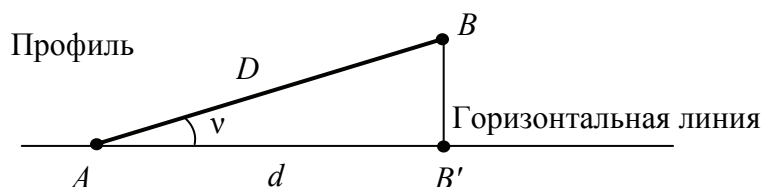


Рис. 1.1. Проецирование наклонной линии земной поверхности на горизонтальную плоскость

На практике проекции точек и линий на горизонтальную плоскость получают расчетами. Отрезок наклонной линии на местности выражается величиной  $D$ , его горизонтальное проложение (проекция) будет равно величине  $d$ , вычисляемой по формуле

$$d = D \cdot \cos v, \quad (1.1)$$

где  $v$  – угол наклона линии на местности относительно горизонтальной плоскости.

При составлении карт и планов местности горизонтальные проекции всех измеренных на Земле линий наносят на бумагу с определенным уменьшением. Степень такого уменьшения характеризуется масштабом.

Масштабы подразделяются на численные, именованные и графические.

Дробь, числитель которой равен единице, а знаменатель – числу  $M$ , показывающему, во сколько раз уменьшены на плане горизонтальные проекции отрезков линий местности, называется *численным масштабом*, например 1:1000, 1:5000 и т. д. Чем больше знаменатель численного масштаба, тем масштаб считается мельче, и наоборот.

Численный масштаб плана и карты выражается формулой

$$\frac{1}{M} = \frac{d_{\text{п}}}{d}, \quad (1.2)$$

где  $M$  – численный знаменатель масштаба;  $d_{\text{п}}$  – длина линии на плане или карте;  $d$  – длина горизонтального проложения линии на местности.

*Именованный масштаб* представляет краткое словесное выражение численного масштаба и указывает, какая величина горизонтального проложения местности в метрах соответствует 1 см на плане (карте). Например, «в 1 сантиметре 100 метров», что соответствует масштабу 1:10 000.

На карте (плане) в зарамочной части южного поля указываются три вида масштабов: численный, именованный и линейный.

Чтобы избежать вычислений и ускорить работу, пользуются графическими масштабами.

*Линейный масштаб* – это графическое отображение численного масштаба в виде прямой линии, на которой несколько раз отложены отрезки одинаковой длины, называемые основанием масштаба ( $a$ ).

*Поперечный масштаб* – это графический масштаб в виде номограммы, применяется для измерений и построений повышенной точности. Как правило, поперечный масштаб гравирован на металлических пластинах, линейках и транспортирах.

### Задания

**Задание 1.** Определить численный и именованный масштаб плана, если известны длина  $D$  и угол наклона  $\nu$  линии  $AB$  на местности, а также длина  $d_{\text{п}}$  изображения линии  $AB$  на плане. Необходимые данные приведены в табл. 1.1 по вариантам.

Таблица 1.1

Исходные данные к заданию 1

Номер варианта	$D$ , м	$\nu$	$d_{\text{п}}$ , см	Номер варианта	$D$ , м	$\nu$	$d_{\text{п}}$ , см
1	380,61	3°15'	0,76	28	129,61	5°20'	25,81
2	295,50	3°20'	0,59	29	103,29	5°18'	20,57
3	741,96	4°10'	1,48	30	153,94	4°35'	30,69
4	425,10	2°30'	0,85	31	159,05	4°45'	31,70
5	481,38	4°20'	0,96	32	208,71	6°10'	4,15
6	592,40	5°10'	1,18	33	410,81	6°05'	8,17
7	986,59	3°15'	1,97	34	464,91	8°20'	9,20
8	503,44	3°30'	2,01	35	319,84	4°10'	6,38
9	513,09	2°45'	2,05	36	357,91	4°05'	7,14
10	602,14	4°50'	2,40	37	310,72	5°05'	6,19
11	639,26	4°14'	2,55	38	186,10	6°15'	9,20
12	677,57	5°40'	2,70	39	167,92	6°00'	5,35
13	373,49	4°10'	1,49	40	182,21	2°45'	9,10
14	446,09	4°20'	1,78	41	203,33	3°15'	10,15
15	531,20	8°46'	2,10	42	151,22	3°05'	15,10
16	218,17	2°15'	2,18	43	80,74	4°25'	8,05
17	249,58	3°55'	2,49	44	92,10	3°45'	9,19
18	558,90	3°15'	5,58	45	102,10	2°30'	10,20
19	321,39	5°20'	3,20	46	100,68	2°15'	10,06
20	471,92	5°10'	4,70	47	72,67	3°55'	7,25
21	406,54	5°36'	4,05	48	63,19	4°25'	6,39
22	359,97	5°12'	3,58	49	70,22	4°35'	7,00
23	393,28	6°10'	3,91	50	282,80	4°18'	5,64
24	203,40	5°25'	4,05	51	208,44	5°27'	4,15
25	259,09	5°15'	5,16	52	457,62	6°08'	9,10
26	269,76	5°35'	5,29	53	512,28	6°29'	10,18
27	147,74	5°45'	29,40	54	516,89	7°02'	10,26

Окончание табл. 1.1

Номер варианта	$D$ , м	$v$	$d_n$ , см	Номер варианта	$D$ , м	$v$	$d_n$ , см
<b>55</b>	115,43	5°58'	11,48	<b>61</b>	318,92	5°25'	1,27
<b>56</b>	122,00	4°37'	12,16	<b>62</b>	241,46	6°18'	0,96
<b>57</b>	125,45	4°18'	12,51	<b>63</b>	96,73	7°30'	19,18
<b>58</b>	132,12	4°50'	13,18	<b>64</b>	51,47	5°18'	10,25
<b>59</b>	146,87	4°05'	14,65	<b>65</b>	154,01	6°25'	30,61
<b>60</b>	547,37	5°20'	2,18	<b>66</b>	169,36	5°20'	8,43

**Задание 2.** Вычислить длину наклонной линии  $AB$  на местности, если на плане масштаба 1:М эта линия изображается отрезком  $d_n$ . Варианты исходных данных приведены в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Исходные данные к заданию 2

Номер варианта	1:М	$d_n$ , см	$v$	Номер варианта	1:М	$d_n$ , см	$v$
<b>1</b>	1:10 000	9,89	8°20'	<b>23</b>	1:2 000	11,46	4°37'
<b>2</b>	1:5 000	39,89	4°10'	<b>24</b>	1:5 000	4,79	4°18'
<b>3</b>	1:2 000	14,96	4°05'	<b>25</b>	1:5 000	4,98	4°45'
<b>4</b>	1:2 000	19,92	5°05'	<b>26</b>	1:2 000	12,97	4°05'
<b>5</b>	1:25 000	19,88	6°15'	<b>27</b>	1:2 000	13,44	5°20'
<b>6</b>	1:2 000	29,81	6°30'	<b>28</b>	1:1 000	27,87	5°20'
<b>7</b>	1:5 000	13,87	7°45'	<b>29</b>	1:1 000	28,82	6°18'
<b>8</b>	1:25 000	31,95	3°15'	<b>30</b>	1:100 000	29,74	7°80'
<b>9</b>	1:25 000	35,95	3°05'	<b>31</b>	1:100 000	30,87	5°18'
<b>10</b>	1:50 000	19,94	4°25'	<b>32</b>	1:50 000	6,36	6°25'
<b>11</b>	1:50 000	21,95	3°45'	<b>33</b>	1:50 000	6,57	5°20'
<b>12</b>	1:5 000	23,89	5°30'	<b>34</b>	1:500	6,79	3°15'
<b>13</b>	1:50 000	25,85	6°10'	<b>35</b>	1:500	6,99	3°20'
<b>14</b>	1:10 000	13,96	3°55'	<b>36</b>	1:2 000	17,95	4°10'
<b>15</b>	1:10 000	14,96	4°25'	<b>37</b>	1:10 000	36,96	2°30'
<b>16</b>	1:5 000	31,89	4°35'	<b>38</b>	1:10 000	37,89	4°20'
<b>17</b>	1:5 000	33,90	4°18'	<b>39</b>	1:5 000	7,77	5°10'
<b>18</b>	1:10 000	17,92	5°27'	<b>40</b>	1:5 000	7,99	3°15'
<b>19</b>	1:10 000	18,09	6°08'	<b>41</b>	1:2 000	20,46	3°30'
<b>20</b>	1:500	3,97	6°29'	<b>42</b>	1:2 000	20,85	6°45'
<b>21</b>	1:500	41,68	7°02'	<b>43</b>	1:25 000	17,14	4°50'
<b>22</b>	1:2 000	10,94	5°58'	<b>44</b>	1:25 000	17,55	4°15'

Окончание табл. 1.2

Номер варианта	1:M	$d_n$ , см	$v$	Номер варианта	1:M	$d_n$ , см	$v$
<b>45</b>	1:1 000	4,48	5°12'	<b>56</b>	1:25 000	22,27	6°10'
<b>46</b>	1:1 000	4,59	4°10'	<b>57</b>	1:1 000	5,67	5°25'
<b>47</b>	1:5 000	9,38	4°18'	<b>58</b>	1:1 000	5,78	5°15'
<b>48</b>	1:2 000	23,72	8°46'	<b>59</b>	1:5 000	11,74	5°35'
<b>49</b>	1:1 000	48,61	7°15'	<b>60</b>	1:5 000	11,94	5°45'
<b>50</b>	1:1 000	4,99	3°55'	<b>61</b>	1:2 000	3,04	5°20'
<b>51</b>	1:500	10,18	3°15'	<b>62</b>	1:2 000	30,87	5°18'
<b>52</b>	1:500	10,35	5°20'	<b>63</b>	1:10 000	62,80	4°35'
<b>53</b>	1:100 000	52,78	5°10'	<b>64</b>	1:10 000	6,38	4°45'
<b>54</b>	1:100 000	5,37	5°40'	<b>65</b>	1:2 000	3,23	6°10'
<b>55</b>	1:25 000	21,88	6°06'	<b>66</b>	1:10 000	6,56	6°05'

**Задание 3.** Определить длину линии на плане заданного масштаба, если известна длина горизонтального проложения этой линии, равная  $d$  (табл. 1.3).

Таблица 1.3

Исходные данные к заданию 3

Номер варианта	$d$ , м	1:M	Номер варианта	$d$ , м	1:M
<b>1</b>	586,20	1:10 000	<b>19</b>	481,29	1:10 000
<b>2</b>	349,32	1:5 000	<b>20</b>	94,86	1:500
<b>3</b>	284,60	1:2 000	<b>21</b>	169,74	1:500
<b>4</b>	143,57	1:2 000	<b>22</b>	264,24	1:2 000
<b>5</b>	658,20	1:25 000	<b>23</b>	340,65	1:2 000
<b>6</b>	169,24	1:2 000	<b>24</b>	830,85	1:5 000
<b>7</b>	386,75	1:5 000	<b>25</b>	649,40	1:5 000
<b>8</b>	610,26	1:25 000	<b>26</b>	297,58	1:2 000
<b>9</b>	947,49	1:25 000	<b>27</b>	360,24	1:2 000
<b>10</b>	1124,10	1:50 000	<b>28</b>	459,18	1:1 000
<b>11</b>	1576,40	1:50 000	<b>29</b>	167,80	1:1 000
<b>12</b>	129,16	1:5 000	<b>30</b>	1986,50	1:100 000
<b>13</b>	86,19	1:500	<b>31</b>	2410,60	1:100 000
<b>14</b>	267,28	1:1 000	<b>32</b>	864,50	1:50 000
<b>15</b>	312,39	1:1 000	<b>33</b>	986,80	1:50 000
<b>16</b>	285,16	1:5 000	<b>34</b>	89,64	1:500
<b>17</b>	417,80	1:5 000	<b>35</b>	104,76	1:500
<b>18</b>	675,42	1:10 000	<b>36</b>	386,21	1:2 000

Номер варианта	$d$ , м	1:М	Номер варианта	$d$ , м	1:М
37	469,70	1:10 000	52	104,86	1:500
38	560,86	1:10 000	53	2086,90	1:100 000
39	387,16	1:5 000	54	1864,50	1:100 000
40	465,48	1:5 000	55	974,80	1:25 000
41	216,71	1:2 000	56	848,37	1:25 000
42	196,90	1:2 000	57	197,16	1:1 000
43	869,25	1:25 000	58	186,28	1:1 000
44	986,49	1:25 000	59	367,12	1:5 000
45	167,18	1:1 000	60	486,37	1:5 000
46	204,16	1:1 000	61	178,16	1:2 000
47	316,48	1:5 000	62	241,65	1:2 000
48	224,96	1:2 000	63	486,69	1:10 000
49	284,15	1:1 000	64	567,24	1:10 000
50	167,85	1:1 000	65	218,43	1:2 000
51	96,49	1:500	66	389,16	1:10 000

**Задание 4.** Определить предельную графическую точность планов масштаба 1:100, 1:500; 1:1000; 1:2000; 1:5000 и карт масштабов 1:10 000; 1:25 000; 1:50 000 и 1:100 000. Ответы поместить в табличной форме по примеру табл. 1.4.

Таблица 1.4

**Предельная графическая точность масштабов планов и карт**

Масштаб плана, карты	Предельная графическая точность масштаба плана, карты $t = 0,0001M$ , м
1:100	0,01
1:500	
1:1 000	

**Задание 5.** Построить линейный масштаб с основанием  $a = 2$  см применительно к численному масштабу 1:10 000; отметить на нем отрезок  $d_{\text{п}}$ , соответствующий расстоянию на местности  $d = 631 \text{ м} + N$ , где  $N$  – число метров, равное номеру варианта, выданного студенту.

**Задание 6.** Построить поперечный масштаб с основанием  $a = 2$  см, подписать его для численных масштабов 1:2 000, 1:5 000, 1:10 000 и 1:25 000. Пользуясь вычерченным поперечным масштабом и циркулем-измерителем, определить и занести в табл. 1.5 отрезки  $d_{\text{п}}$ , соответствующие в масштабе 1:М расстояниям на местности.



Определение расстояний в масштабе плана

Численный масштаб	Длина линии на местности, м	Изображение линии в масштабе
1:2 000	$51,2 + 2N =$	
1:5 000	$142,6 + 2N =$	
1:10 000	$381,3 + 2N =$	
1:25 000	$525,0 + 2N =$	

### Порядок выполнения работы

**Задание 1.** Используя формулу (1.2) и проведя соответствующие ее преобразования, получим формулу для определения масштаба:

$$M = \frac{d}{d_{\pi}}. \quad (1.3)$$

Горизонтальное проложение ( $d$ ) вычисляем по формуле (1.1).

Приводим  $d$  и  $d_{\pi}$  к одной размерности (в метрах или сантиметрах), используя формулу (1.3), вычисляем  $M$ . После округления определяем численный масштаб (1: $M$ ).

**Задание 2.** Используя формулу (1.2) и проведя соответствующие ее преобразования, получим формулу для определения горизонтального проложения ( $d$ ):

$$d = d_{\pi} \cdot M. \quad (1.4)$$

При выполнении расчетов  $d_{\pi}$  следует выразить в метрах.

На основании формулы (1.1), проведя соответствующие ее преобразования, определяем

$$D = \frac{d}{\cos \nu}. \quad (1.5)$$

**Задание 3.** При выполнении руководствоваться содержанием заданий 1 и 2. Численное значение  $d_{\pi}$  округлить до 0,01 см.

**Задание 4.** При выполнении задания следует понимать, что предельные размеры предметов, различаемые на плане, определяются точностью масштаба. При нормальном зрении на плане можно различить расстояние, приблизительно равное 0,1 мм.

*Предельной графической точностью масштаба* называется величина  $t$  отрезка линии в натуре, соответствующая 0,1 мм на плане или карте данного масштаба и определяемая по формуле

$$t = 0,0001 \cdot M, \quad (1.6)$$

где  $M$  – знаменатель масштаба.

Пользуясь предельной графической точностью масштаба и зная размеры предметов местности, можно определить, какие из предметов показать контуром, какие из-за небольшого размера – лишь точкой или линией, а какие – условным знаком.

Предельной графической точностью масштаба обосновывают выбор масштаба плана, на котором должны быть изображены нужные предметы местности с сохранением подобия их контуров.

*Задание 5.* Для построения линейного масштаба (рис. 1.2) вычерчивают горизонтальную линию длиной 10 см и на ней несколько раз откладывают один и тот же отрезок  $a$  (основание масштаба) равный 2 см.

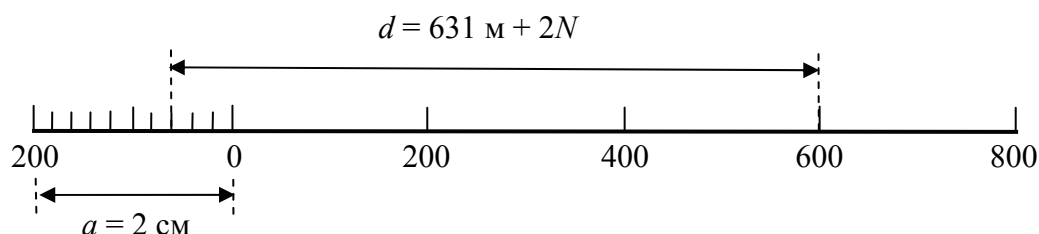


Рис. 1.2. Линейный масштаб 1:10 000

Крайний левый отрезок делят на 10 равных частей. В конце каждого основания справа и слева от нуля подписываются числа, которые в заданном масштабе указывают длину соответствующих линий в натуре в нарастающем порядке от нулевого деления основания.

Для определения расстояний, например  $d = 660$  м, циркулем-измерителем устанавливают раствор ножек, т. е. правую ножку измерителя устанавливают на ближайшее целое деление, меньшее определяемого проложения, а левую ножку – на ноль. Раствор измерителя покажет отрезок, соответствующий на местности 600 м. Значит, необходимо отложить еще 60 м. Наименьшее деление равно 20 м, следовательно, требуемое расстояние складывается из трех отрезков по 20 м.

Общая длина линии будет равна сумме расстояний от нуля до правой ножки измерителя и от нуля до левой ножки измерителя. Первое расстояние равно 600 м, второе 60 м. Общая длина составит 660 м (см. рис. 1.2).

**Задание 6.** Поперечный масштаб – это графический масштаб в виде номограммы, применяется для измерений и построений повышенной точности. Как правило, поперечный масштаб гравируют на металлических пластинах, линейках и транспортирах.

Для построения поперечного масштаба вычерчивают горизонтальную линию АБ длиной 10 см и на ней несколько раз откладывают один и тот же отрезок  $a$  (основание масштаба), равный 2 см. Из концов оснований восстанавливают перпендикуляры длиной 3 см. Крайние перпендикуляры делят на десять равных отрезков и через них проводят прямые, параллельные АБ (рис. 1.3).

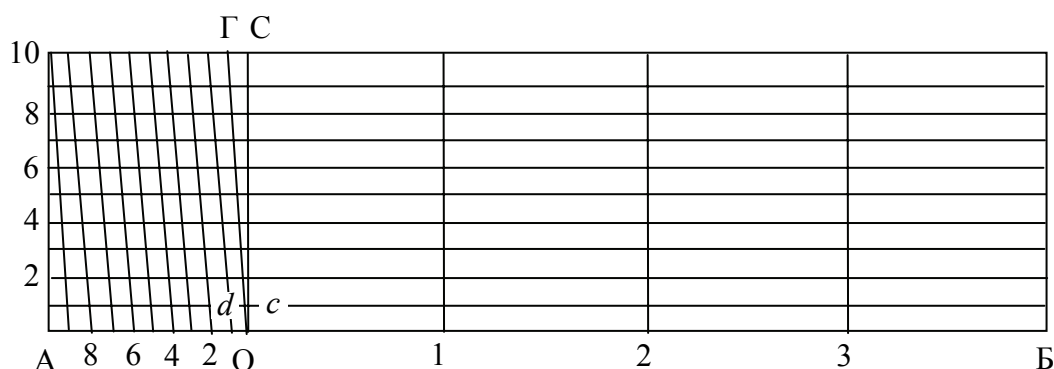


Рис. 1.3. Поперечный масштаб

Крайнее левое основание (снизу и сверху) делят также на 10 равных частей. Затем точку О основания соединяют с точкой Г, а через остальные точки (от 1 до 9) деления основания проводят наклонные линии, параллельные ОГ. Полученные линии называют *трансверсалими*. Построенный таким образом масштаб с основанием 2 см называется нормальным поперечным масштабом.

В треугольнике ГОС имеем 10 подобных треугольников. Величина основания каждого малого треугольника находится в зависимости от отношения его высоты к высоте треугольника ГОС. Отсюда следует, что основания малых треугольников дают возможность определить сотые доли от основания масштаба, т. е. в первом малом треугольнике его основание  $dc$  составляет 0,01 основания АО и называется *наименьшим делением поперечного масштаба*. Основания второго, третьего и следующих малых треугольников соответственно составляют 0,02, 0,03 и так далее от основания масштаба.

Так, например, на поперечном масштабе 1:2000 вправо от нуля основаниям придаются значения 40, 80, 120, 160 м. Слева от нуля через одно значение подписывают 8, 16, 24, 32, 40 м. Горизонтальные

линии слева через одну подписывают значениями, которые соответствуют основаниям малых треугольников согласно принятому масштабу: 0,8; 1,6; 2,4; 3,2; 4,0 м (рис. 1.4).

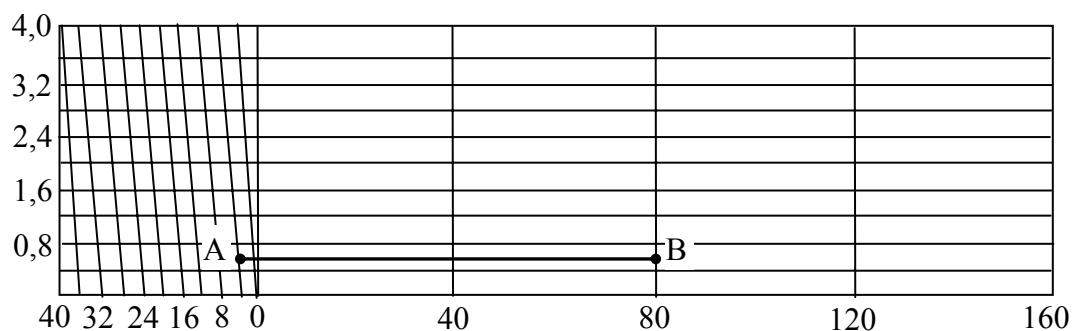


Рис. 1.4. Поперечный масштаб 1:2000

Для определения горизонтального проложения линии на местности, равного 84,5 м, на плане масштаба 1:2000 отступаем вправо от нуля 2 основания (т. е. 80 м), с левой стороны одно деление (т. е. 4 м). Далее определяем 0,5 м – поднимаемся вверх по наклонной прямой (трансверсали), поскольку искомое значение находится между 0,4 и 0,8 м (рис. 1.4). Горизонтальное проложение линии АВ на местности составит:  $80 + 4 + 0,5 = 84,5$  м.

## Лабораторная работа № 2

# НОМЕНКЛАТУРА ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ

*Цель лабораторной работы:* изучить систему деления карты на отдельные листы и систему обозначения топографических карт различных масштабов; научиться определять номенклатуру топографических карт и планов для точек с заданными географическими координатами.

*Обеспечивающие средства:* комплект учебных карт и планов различных масштабов, циркуль-измеритель, линейка с миллиметровыми делениями, металлическая масштабная линейка (ЛПМ-1), рабочая тетрадь.

### Общие сведения

Топографические карты отражают обычно большие территории земной поверхности. Для удобства пользования их издают отдельными листами, границы которых принято называть рамками карты. Сторонами рамок являются меридианы и параллели, они ограничивают изображенный на листе карты участок местности. Каждый лист карты ориентирован относительно сторон горизонта так, что верхняя сторона рамки является северной, нижняя – южной, левая – западной, правая – восточной.

В основу разграфки и номенклатуры топографических карт положена многолистная международная карта масштаба 1:1 000 000. Лист карты такого масштаба ограничен по широте дугами параллелей длиной 4°, по долготе – дугами меридианов длиной 6°. Чтобы можно было легко и быстро находить нужные листы карты того или иного масштаба, каждый из них имеет свое условное обозначение – номенклатуру. Номенклатура листа карты масштаба 1:1 000 000 состоит из обозначений ряда и колонны. Ряды располагаются параллельно экватору и обозначаются заглавными буквами латинского алфавита. Границами рядов служат параллели, проведенные от экватора через 4° по широте. Счет рядов идет от экватора к полюсам: А, В, С, D, Е и т. д. Колонны располагаются вертикально. Границами их служат меридианы, проведенные через 6° по долготе. Колонны обозначаются арабскими цифрами от меридиана с долготой 180° с запада на восток. При обозначении номенклатуры листа карты первой пишется буква, обозначающая ряд, а затем через черточку – номер колонны, например г. Минск – лист N-35 (рис. 2.1).

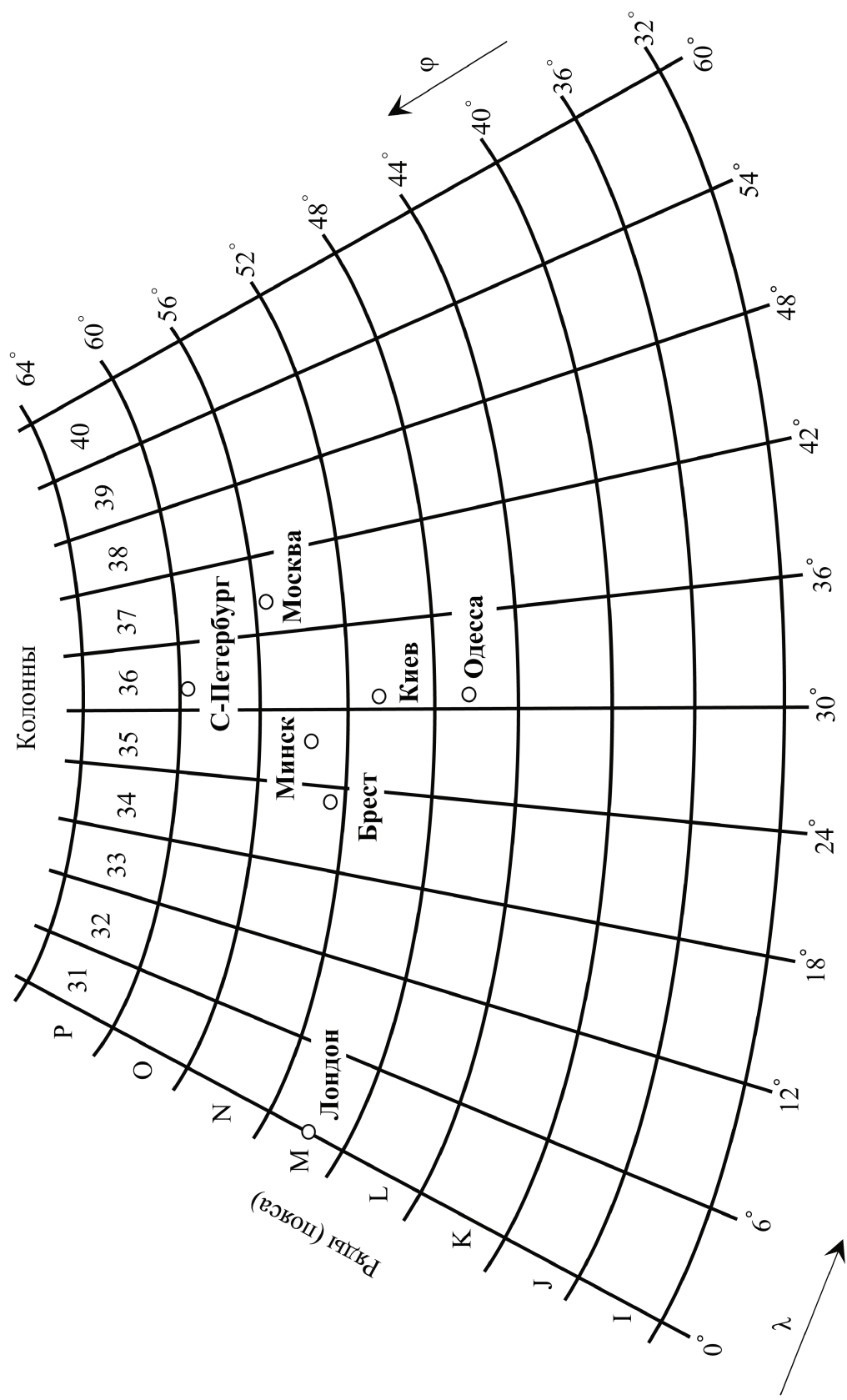


Рис. 2.1.1. Фрагмент схемы разграфки топографических карт масштаба 1:1 000 000

### Задание

Для точки К с географическими координатами  $\varphi$  и  $\lambda$ , указанными для вашего варианта в таблице, определить: 1) номенклатурное обозначение листа топографической карты масштаба 1:10 000, на котором изображается точка К; 2) географические широту и долготу сторон рамки (трапеции) обозначенного листа карты; 3) номенклатуру 4-х смежных (примыкающих) листов карты этого же масштаба; 4) географическую широту и долготу сторон рамки смежных листов.

#### Исходные данные к заданию

Номер варианта	Координаты		Номер варианта	Координаты	
	Широта ( $\varphi$ )	Долгота ( $\lambda$ )		Широта ( $\varphi$ )	Долгота ( $\lambda$ )
<b>1</b>	55°51'33"	37°46'54"	<b>29</b>	59°55'05"	31°14'02"
<b>2</b>	55°58'15"	54°02'48"	<b>30</b>	59°33'19"	39°46'12"
<b>3</b>	55°59'07"	42°57'13"	<b>31</b>	55°59'26"	17°14'19"
<b>4</b>	55°28'11"	54°02'46"	<b>32</b>	39°33'52"	43°16'32"
<b>5</b>	52°16'03"	41°54'31"	<b>33</b>	53°15'56"	18°38'53"
<b>6</b>	51°57'12"	44°29'03"	<b>34</b>	53°53'01"	41°16'02"
<b>7</b>	56°18'44"	33°45'26"	<b>35</b>	39°31'21"	12°30'15"
<b>8</b>	36°17'25"	37°05'29"	<b>36</b>	55°56'47"	56°19'33"
<b>9</b>	40°56'13"	44°15'30"	<b>37</b>	55°33'57"	25°38'54"
<b>10</b>	57°19'14"	19°38'25"	<b>38</b>	59°03'06"	30°34'05"
<b>11</b>	55°53'10"	36°20'45"	<b>39</b>	62°55'27"	32°04'20"
<b>12</b>	51°57'15"	18°38'52"	<b>40</b>	46°58'53"	41°50'37"
<b>13</b>	51°54'50"	19°16'27"	<b>41</b>	39°31'22"	28°08'06"
<b>14</b>	55°13'46"	35°15'18"	<b>42</b>	47°03'54"	34°16'21"
<b>15</b>	57°14'45"	24°49'51"	<b>43</b>	51°31'23"	43°08'38"
<b>16</b>	51°36'08"	22°11'59"	<b>44</b>	48°08'58"	18°08'07"
<b>17</b>	41°12'55"	43°13'01"	<b>45</b>	54°31'28"	15°19'22"
<b>18</b>	43°50'02"	54°11'58"	<b>46</b>	40°45'24"	10°08'39"
<b>19</b>	51°55'09"	18°54'17"	<b>47</b>	38°23'59"	36°02'08"
<b>20</b>	39°48'51"	26°19'36"	<b>48</b>	53°53'35"	37°34'23"
<b>21</b>	51°23'13"	38°04'22"	<b>49</b>	39°35'29"	44°53'40"
<b>22</b>	55°20'49"	50°37'44"	<b>50</b>	57°41'36"	25°28'55"
<b>23</b>	51°53'16"	32°41'47"	<b>51</b>	49°08'30"	48°27'09"
<b>24</b>	51°29'48"	53°30'04"	<b>52</b>	51°11'37"	35°16'24"
<b>25</b>	52°15'17"	29°38'28"	<b>53</b>	42°45'31"	19°42'41"
<b>26</b>	40°33'04"	31°26'49"	<b>54</b>	59°13'38"	13°23'10"
<b>27</b>	49°34'18"	36°57'50"	<b>55</b>	49°23'32"	27°12'31"
<b>28</b>	63°19'20"	46°38'11"	<b>56</b>	40°59'39"	15°14'56"

Номер варианта	Координаты		Номер варианта	Координаты	
	Широта (φ)	Долгота (λ)		Широта (φ)	Долгота (λ)
<b>57</b>	41°06'33"	9°04'35"	<b>62</b>	61°03'43"	56°19'18"
<b>58</b>	52°28'40"	39°22'57"	<b>63</b>	52°41'19"	32°38'41"
<b>59</b>	54°09'34"	18°14'42"	<b>64</b>	42°10'42"	58°27'20"
<b>60</b>	36°21'42"	43°19'16"	<b>65</b>	41°26'21"	40°23'43"
<b>61</b>	57°43'41"	52°38'43"	<b>66</b>	48°15'44"	26°46'22"

### Порядок выполнения работы

В первую очередь, задача заключается в последовательном определении номенклатуры листов карт масштабов 1:1 000 000, 1:100 000, 1:50 000, 1:25 000 и 1:10 000, на которых изображается точка К с заданными географическими координатами φ и λ.

Рассмотрим выполнение задания на примере: φ = 55°51'33", λ = 37°46'54".

Пользуясь схемой разграфки топографических карт масштаба 1:1 000 000 (рис. 2.1) и зная координаты точки К, определяем, что она располагается в ряду, обозначенном буквой N (между параллелями с широтами 52 и 56°), и в колонне с номером 37 (между меридианами с долготами 36 и 42°). Следовательно, лист карты масштаба 1:1 000 000, на котором располагается точка К, имеет номенклатуру N-37. Географическая широта его южной рамки φ<sub>ю</sub> = 52°00', северной φ<sub>с</sub> = 56°00'. Географическая долгота его западной рамки λ<sub>з</sub> = 36°00' и восточной λ<sub>в</sub> = 42°00'. Вычертим схему этого листа аналогично рис. 2.2, а и укажем широту и долготу его рамок.

Для определения номенклатуры и географических координат отдельных листов многолистной карты масштаба 1:100 000 их нужно разделить на 144 части. В нашем случае, лист N-37 разграфляется через равные промежутки на 12 колонок линиями меридианов и на 12 поясов линиями параллелей. В результате получаем 144 листа карты масштаба 1:100 000, которые последовательно нумеруются цифрами от 1 до 144, начиная с левого верхнего угла. На полученной схеме подписываем широту каждой параллели через 20' (20' = 4° / 12 = 240' / 12) и долготу каждого меридиана через 30' (30' = 6° / 12 = 360' / 12). Номенклатура листа масштаба 1:100 000 складывается из номенклатуры листа масштаба 1:1 000 000 и номера листа 1:100 000 (рис. 2.2, а).





По значениям координат точки К ( $\varphi = 55^{\circ}51'33''$ ,  $\lambda = 37^{\circ}46'54''$ ) определяем, что она изображается на листе N-37-4 ( $1:M = 1:100\,000$ ). Географическая широта его южной рамки  $\varphi_{\text{ю}} = 55^{\circ}40'$ , северной  $\varphi_{\text{с}} = 56^{\circ}00'$ . Географическая долгота его западной рамки  $\lambda_{\text{з}} = 37^{\circ}30'$  и восточной  $\lambda_{\text{в}} = 38^{\circ}00'$ .

Составляем укрупненную схему листа N-37-4 и подписываем широту южной ( $\varphi_{\text{ю}}$ ) и северной ( $\varphi_{\text{с}}$ ) рамок, долготу западной ( $\lambda_{\text{з}}$ ) и восточной ( $\lambda_{\text{в}}$ ) рамок (рис. 2.2, б).

Переходим к определению географических координат сторон рамок и номенклатуры листов топографических карт более крупных масштабов.

Для получения листов карты масштаба 1:50 000 необходимо разграфить лист N-37-4 ( $1:M = 1:100\,000$ ) средними меридианом и параллелью на 4 части и обозначить их заглавными буквами русского алфавита – А, Б, В, Г. На полученной схеме найдем и подпишем координаты средних линий, учитывая, что для карты масштаба 1:50 000 расстояние между параллелями равно  $10'$  ( $20' / 2$ ), а между меридианами –  $15'$  ( $30' / 2$ ) (рис. 2.2, б). Номенклатура листа масштаба 1:50 000 складывается из номенклатуры листа масштаба 1:100 000 и индекса листа 1:50 000.

По значениям координат точки К ( $\varphi = 55^{\circ}51'33''$ ,  $\lambda = 37^{\circ}46'54''$ ) определяем, что она изображается на листе N-37-4-Б ( $1:M = 1:50\,000$ ). Географическая широта его южной рамки  $\varphi_{\text{ю}} = 55^{\circ}50'$ , северной  $\varphi_{\text{с}} = 56^{\circ}00'$ . Географическая долгота его западной рамки  $\lambda_{\text{з}} = 37^{\circ}45'$  и восточной  $\lambda_{\text{в}} = 38^{\circ}00'$ .

Рамки листов карты масштаба 1:25 000 получаем разграфкой средними меридианом и параллелью на 4 части карты масштаба 1:50 000. Полученные листы обозначаются прописными буквами русского алфавита – а, б, в, г. На полученной схеме найдем и подпишем координаты средних линий, учитывая, что для карты масштаба 1:25 000 расстояние между параллелями равно  $5'$  ( $10' / 2$ ), а между меридианами –  $7'30''$  ( $15' / 2$ ) (рис. 2.2, б). Номенклатура листа масштаба 1:25 000 складывается из номенклатуры листа масштаба 1:50 000 и индекса листа 1:25 000.

По значениям координат точки К ( $\varphi = 55^{\circ}51'33''$ ,  $\lambda = 37^{\circ}46'54''$ ) определяем, что она изображается на листе N-37-4-Б-в ( $1:M = 1:25\,000$ ). Географическая широта его южной рамки  $\varphi_{\text{ю}} = 55^{\circ}50'$ , северной  $\varphi_{\text{с}} = 55^{\circ}55'$ . Географическая долгота его западной рамки  $\lambda_{\text{з}} = 37^{\circ}45'$  и восточной  $\lambda_{\text{в}} = 37^{\circ}52'30''$ .

Для получения листов карты масштаба 1:10 000, необходимо разграфить средними меридианом и параллелью лист N-37-4-Б-в (1:М = 1:25 000) на 4 части и обозначить их цифрами – 1, 2, 3, 4. На полученной схеме найдем и подпишем координаты средних линий, учитывая, что для карты масштаба 1:10 000 расстояние между параллелями равно  $2'30''$  ( $5' / 2$ ), а между меридианами –  $3'45''$  ( $7'30'' / 2$ ) (рис. 2.2, б). Номенклатура листа масштаба 1:10 000 складывается из номенклатуры листа масштаба 1:25 000 и номера листа 1:10 000.

По значениям координат точки К ( $\varphi = 55^\circ 51'33''$ ,  $\lambda = 37^\circ 46'54''$ ) определяем, что она изображается на листе N-37-4-Б-в-3 (1:М = 1:10 000). Географическая широта его южной рамки  $\varphi_{\text{ю}} = 55^\circ 50'$ , северной  $\varphi_{\text{с}} = 55^\circ 52'30''$ . Географическая долгота его западной рамки  $\lambda_{\text{з}} = 37^\circ 45'$  и восточной  $\lambda_{\text{в}} = 37^\circ 48'45''$ .

На основе составленной схемы разграфки карты масштаба 1:100 000 (рис. 2.2, б) для листа N-37-4-Б-в-3 определим номенклатуру четырех смежных (примыкающих) листов карт масштаба 1:10 000. В нашем случае на севере расположен лист карты масштаба 1:10 000, имеющий номенклатурное обозначение N-37-4-Б-в-1, на юге – N-37-4-Г-а-1, на западе – N-37-4-А-г-4, на востоке – N-37-4-Б-в-4.

## Лабораторная работа № 3

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ И ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КООРДИНАТ НА ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТАХ

*Цель лабораторной работы:* усвоить сущность изображения меридианов и параллелей на плоскости в проекции Гаусса для координатных 6-градусных зон; научиться определять географические и прямоугольные координаты по топографической карте.

*Обеспечивающие средства:* линейка с миллиметровыми делениями, циркуль-измеритель, угольник, комплект учебных карт и планов различных масштабов, рабочая тетрадь, чертежные принадлежности.

### Общие сведения

Местоположение объектов на топографической карте в системе географических координат устанавливаются в угловых величинах – широте ( $\varphi$ ) и долготе ( $\lambda$ ). Счет широт ведется от экватора к северу и югу от 0 до 90°, а счет долгот – от Гринвичского меридиана к востоку и западу от 0 до 180°. Географические координаты меридианов и параллелей, изображения которых являются рамками трапеций, подписываются на топографической карте во всех четырех ее углах. Для определения географических координат по топографической карте служит минутная рамка – внешняя рамка карты, подразделяемая на минутные деления по широте и долготе (светлые и темные отрезки).

Местоположение объектов в системе прямоугольных координат определяется в линейных величинах (метрах, километрах) – абсцисса  $x$  и ордината  $y$ . Это делается относительно линий километровой сетки, имеющейся на топографической карте в виде сетки квадратов, горизонтальные линии которой проведены параллельно экватору, а вертикальные – осевому меридиану геодезической зоны (в проекции Гаусса – Крюгера), в пределах которой расположен данный лист топографической карты. У выходов каждой горизонтальной линии, между внутренней и внешней рамками, указано расстояние ее от экватора в целых километрах

(абсцисса  $x$ ). Эти расстояния полностью обозначены только на крайних линиях (рис. 3.1) – подпись  $^{60}19$  недалеко от углов рамки карты, а на остальных указаны лишь десятки и единицы километров. Подписи вертикальных линий сетки содержат номер зоны (одна или две левые цифры) и значение ординаты данной линии в километрах (всегда три правые цифры). Например, на листе карты (рис. 3.1) крайняя западная вертикальная линия внизу рамки имеет подпись  $^{34}52$ , что означает: 3-я зона, 452 км от условного меридиана зоны.

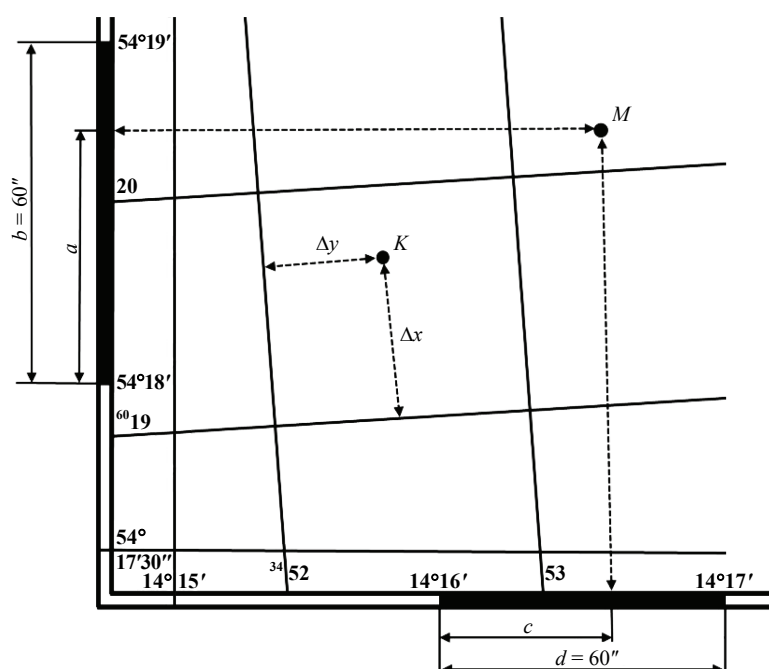


Рис. 3.1. Определение прямоугольных и географических координат на топографической карте

### Задания

**Задание 1.** Установить масштаб выданной копии топографической карты, пользуясь: 1) ее номенклатурным обозначением; 2) километровой сеткой; 3) длинами дуг меридианов, показанных на рамке карты.

**Задание 2.** Определить преобразованные и действительные прямоугольные координаты точек  $K$  и  $N$ , отмеченных на копии карты преподавателем. Указать положение точек относительно осевого меридиана зоны.

**Задание 3.** Определить географические координаты точек  $M$  и  $L$ , указанных на копии карты преподавателем.

## Порядок выполнения работы

*Задание 1.* При определении масштаба выданной копии топографической карты по ее номенклатурному обозначению необходимо вспомнить применяемую в геодезии и картографии систему разграфки и номенклатуры топографических карт различных масштабов.

При определении масштаба выданной копии карты с помощью километровой сетки и дуги меридиана, показанного на рамке карты, необходимо воспользоваться формулой численного масштаба:

$$\frac{1}{M} = \frac{d_{\text{п}}}{d}, \quad (3.1)$$

где  $M$  – знаменатель численного масштаба;  $d_{\text{п}}$  – длина на плане стороны квадрата километровой сетки;  $d$  – его длина на местности.

На местности длина стороны квадрата равна 1 км ( $d$ ). Необходимо измерить на карте его длину ( $d_{\text{п}}$ ).

На вертикальных линиях минутной рамки карты показаны дуги меридиана длиной в 1' линиями, состоящими из светлых и темных отрезков. На местности дуга меридиана в 1' в средних широтах приблизительно равна  $d = 1865$  м (морская миля). Следует измерить ее длину  $d_{\text{п}}$  на карте и определить масштаб выданной копии карты.

*Задание 2.* Для определения прямоугольных координат необходимо воспользоваться имеющейся на топографической карте километровой сеткой. Вначале определяют квадрат сетки, в котором она расположена. В примере (рис. 3.1) точка  $K$  расположена в квадрате километровой сетки с абсциссой южной стороны  $x = 6019$  км и ординатой западной стороны  $y = 3452$  км. Здесь первая цифра 3 – это номер 6-градусной координатной зоны.

Из искомой точки нужно опустить два перпендикуляра. Первый – на западную (левую) сторону квадрата, в котором находится точка. Второй – на южную (нижнюю) сторону того же квадрата.

Прямоугольными зональными координатами точки  $K$  будут величины

$$x_K = 6019 + \Delta x; \quad (3.2)$$

$$y_K = 3452 + \Delta y, \quad (3.3)$$

для которых

$$\Delta x = a_{\text{п}}M; \quad (3.4)$$

$$\Delta y = b_{\text{п}}M, \quad (3.5)$$

где  $a_{\Pi}$  и  $b_{\Pi}$  – отрезки, измеряемые на карте масштаба 1:М (рис. 3.1).

Каждая 6-градусная координатная зона на плоскости имеет свою систему прямоугольных координат. Началом систем везде является точка пересечения экватора с осевыми меридианами. Чтобы не иметь в пределах зон отрицательных ординат, линия абсцисс выносится на 500 км западнее осевого меридиана (рис. 3.2).

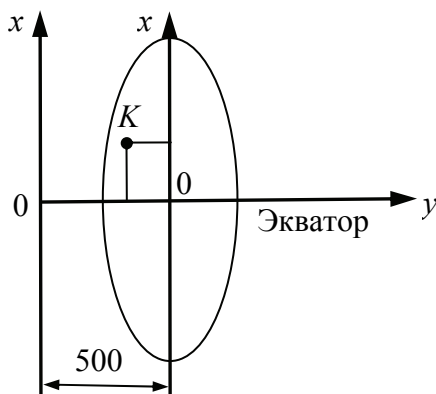


Рис. 3.2. 6-градусная координатная зона

Действительная ордината точки  $K$  определяется по формуле

$$y_{K \text{ действ}} = y_K - 500. \quad (3.6)$$

При определении  $y_{K \text{ действ}}$  прямоугольная ордината  $y_K$  берется без номера зоны, т. е. если  $y_K = 3452,28$  км, в вычислениях берем 452,28 км.

**Задание 3.** Выполнение данного задания также связано с нанесением на карту вспомогательных линий. Из заданной точки необходимо опустить два перпендикуляра. Первый – на западную или восточную линию минутной рамки карты, а второй – на южную или северную (рис. 3.1).

Значения широты на этих параллелях равны  $\varphi_{\text{ю}} = 54^\circ 18'$ ,  $\varphi_{\text{с}} = 54^\circ 19'$ , а значения долготы на меридианах  $\lambda_{\text{з}} = 14^\circ 16'$  и  $\lambda_{\text{в}} = 14^\circ 17'$ .

Место пересечения перпендикуляра на западной минутной рамке есть географическая широта ( $\varphi_M$ ), а на южной рамке – географическая долгота ( $\lambda_M$ ).

Широта точки  $M$  равна

$$\varphi_M = 54^\circ 18' + \Delta\varphi, \quad (3.7)$$

где  $\Delta\varphi$  – часть минутной дуги.

Для нахождения  $\Delta\varphi$  на карте измеряем линейкой длину отрезка  $a$  (мм) и изображения минутной дуги  $b$  (мм).

Измерив расстояния  $a$  и  $b$ , составляем равенство отношений:

$$\frac{\Delta\varphi''}{60''} = \frac{a}{b}. \quad (3.8)$$

Из равенства получаем

$$\Delta\varphi'' = \frac{60'' \cdot a}{b}. \quad (3.9)$$

Для определения долготы точки  $M$  измеряем отрезки  $c$  и  $d$  (мм) и определяем долготу проекции  $\Delta\lambda$ :

$$\lambda_M = 14^\circ 16' + \Delta\lambda'', \quad (3.10)$$

$$\Delta\lambda'' = \frac{60'' \cdot c}{d}. \quad (3.11)$$



# **Лабораторная работа № 4**

## **ИЗОБРАЖЕНИЕ РЕЛЬЕФА НА ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТАХ И ПЛАНАХ. РЕШЕНИЕ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ НА КАРТАХ С ГОРИЗОНТАЛЯМИ**

*Цель лабораторной работы:* изучить сущность изображения на картах и планах рельефа местности с помощью горизонталей; усвоить понятия «угол наклона», «уклон» отрезка прямой линии на земной поверхности, «высота сечения рельефа», «заложение»; научиться решать задачи с горизонталями по карте.

*Обеспечивающие средства:* линейка с миллиметровыми делениями, циркуль-измеритель, комплект учебных карт и планов различных масштабов, рабочая тетрадь, чертежные принадлежности.

### **Общие сведения**

Топографическая карта дает трехмерное представление о местности, позволяя определять положение различных точек и объектов не только в горизонтальной плоскости, но и по высоте.

Чтобы отчетливо представлять местность на карте, необходимо хорошо разбираться в изображении на ней рельефа, уметь определить по карте: а) виды неровностей земной поверхности, их взаимное положение и связь между собой; б) взаимное превышение и абсолютные высоты точек местности; в) формы, крутизну и протяженность склонов.

Рельеф земной поверхности представляет собой сложное сочетание пространственных форм, отличающихся друг от друга внешними очертаниями, размерами, высотой, отношением к плоскости горизонта и некоторыми другими свойствами.

Изображение рельефа на топографических картах должно быть наглядным, давать количественные характеристики неровностей местности (абсолютные высоты и превышения точек, крутизна склонов и т. д.).

Рельеф на топографических картах изображается горизонталями в сочетании с отметками высот и условными обозначениями форм, которые нельзя изобразить горизонталями (рис. 4.1).

Горизонтали на карте и плане рассматриваются как проекции сечения местности уровнями поверхностями, проведенными на определенных высотах. Таким образом, горизонтали – это замкнутые линии, все точки которых имеют одинаковую высоту над основной уровенной поверхностью.

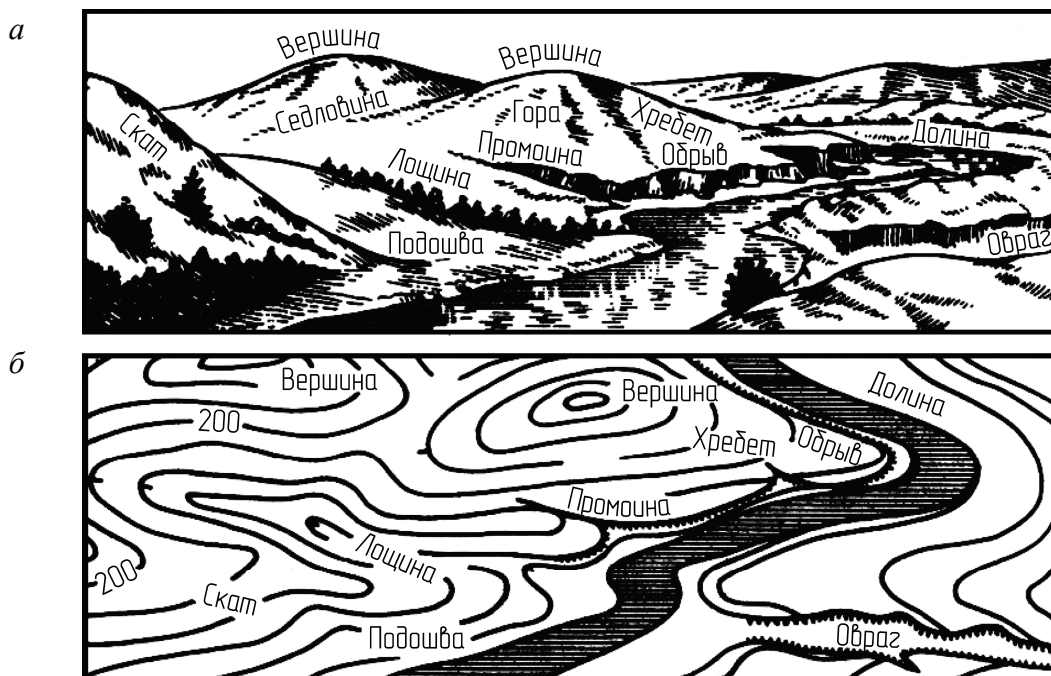


Рис. 4.1. Изображение горизонталями различных форм рельефа

Принятое расстояние по высоте между соседними секущими уровнями поверхностями называется *высотой сечения рельефа* ( $h_c$ ). Она зависит от масштаба карты и характера местности.

Горизонтالي подписываются цифрами, обозначающими высоту горизонталей над уровнем моря. Цифры, основания которых направлены в сторону понижения склона, ставятся в разрывах.

Горизонтали дополняются бергштрихами – короткими черточками, отходящими от горизонтали в сторону понижения ската.

### Задания

**Задание 1.** Установить по копии карты высоту сечения рельефа ( $h_c$ ) и отметки точек *С* и *Е*, указанных на копии карты преподавателем.

**Задание 2.** Определить по копии карты уклон ( $i$ ) и угол наклона ( $\nu$ ) прямого отрезка *АВ* земной поверхности.

**Задание 3.** Между точками *С* и *Е*, назначенными в задании 1, запроектировать «трассу» условной автомобильной дороги так,

чтобы уклон участков трассы не превышал предельного значения  $i_{\text{пред}} = 0,025$ .

**Задание 4.** Построить продольный профиль по линии *СЕ*. Масштабы профиля: 1:10 000 – для горизонтальных расстояний и 1:1000 – для вертикальных.

### Порядок выполнения работы

**Задание 1.** Высота сечения рельефа представляет собой вертикальное расстояние между соседними горизонталями.

Для определения высоты сечения рельефа необходимо на карте найти две горизонтали с подписанными высотами. Вычислить разность высот горизонталей и поделить ее на количество промежутков, образованных горизонталями между ними.

В нашем случае (рис. 4.2) имеются две горизонтали с высотами 25 и 50 м, разность их составляет 25 м, количество промежутков равно 5. Таким образом, высота сечения рельефа ( $h_c$ ) составляет 5 м.

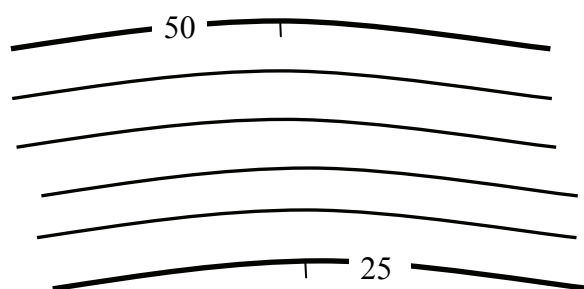


Рис. 4.2. Определение высоты сечения рельефа

Высотная координата ( $H$ ) точки на земной поверхности определяется по карте относительно горизонталей. Высота точки, лежащей на горизонтали, равна высоте горизонтали. Высоты отдельных горизонталей подписаны в их разрывах. Высоты других горизонталей легко определить, зная высоту сечения рельефа, высоты подписанных горизонталей и тех характерных точек рельефа, чьи отметки подписаны. При этом учитывают, что высоты горизонталей кратны высоте сечения рельефа.

Высота точки  $C$ , расположенной между двумя горизонталями (рис. 4.3, *a*), определяется по формуле

$$H_C = H_A + \Delta h, \quad (4.1)$$

где  $H_A$  – высота точки, лежащей на горизонтали с меньшей высотой;  $\Delta h$  – превышение точки  $C$  над точкой  $A$  (отрезок  $b_n$ ).

Величина  $\Delta h$  определяется по формуле

$$\Delta h = h_c \left( \frac{a_{\text{п}}}{b_{\text{п}}} \right), \quad (4.2)$$

где  $h_c$  – высота сечения рельефа;  $a_{\text{п}}$  и  $b_{\text{п}}$  – расстояния на карте, измеряемые линейкой от меньшей горизонтали до искомой точки и между горизонталями.

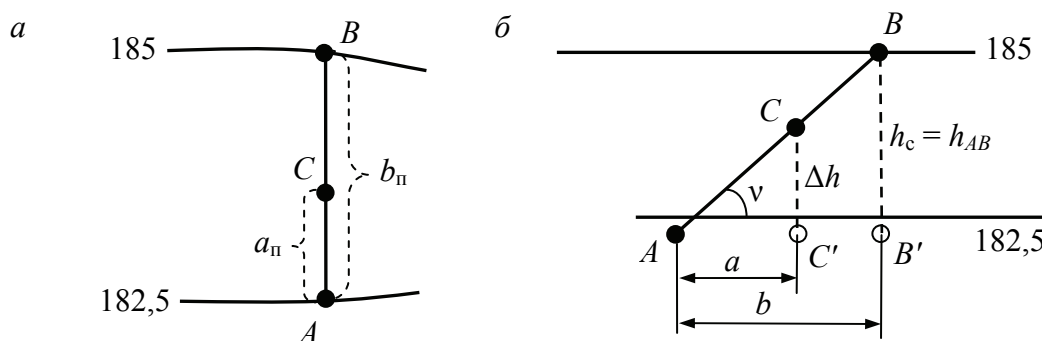


Рис. 4.3. Схема определения отметки точки по топографической карте:  
 а – на плане относительно горизонтали с высотой сечения рельефа  $h_c$ ;  
 б – на профиле по линии  $AB$

**Задание 2.** Угол наклона и уклон прямой линии являются количественными характеристиками рельефа и определяются относительно горизонтальной плоскости. Угол наклона  $v$  линии  $AB$  показан на рис. 4.3, б. *Уклоном*  $i$  называется характеристика на местности наклона прямого отрезка, которая вычисляется как отношение превышения  $h$  между двумя точками к горизонтальному расстоянию  $d$  между ними, т. е. уклон есть тангенс угла наклона:

$$i = \operatorname{tg} v = \frac{h}{d}. \quad (4.3)$$

Применительно к нашему заданию замечаем, что  $h = h_c$ ;  $d = b = b_{\text{п}} \text{ М}$  (длина заложения  $b_{\text{п}}$  определяется по плану масштаба 1:М).

Уклон – безразмерная величина (отношение). На практике уклон выражают в натуральных значениях отношения  $i = h / d$ , в промиллях (‰) или процентах (%). Например:  $i = 0,045$ , это означает, что на 1 м длины приходится превышение, равное 45 мм (0,045 м), или 4,5‰, или 45‰.

Уклон наклона  $v$  можно найти двумя способами:

а) по формуле

$$v = \operatorname{arctg} i. \quad (4.4)$$

б) по графику заложений, имеющемуся под южной рамкой карты. Пользование графиком заложений описано в учебниках [1] и [2].

**Задание 3.** Исходя из формул (1.2) и (4.3) необходимо вычислить заложение  $d_{\text{п}}$ , т. е. на карте масштаба 1:М расстояние между соседними горизонталями с разностью высот  $h_{\text{с}}$ , соответствующее предельному уклону  $i_{\text{пред}}$ :

$$d_{\text{п}} = \frac{h_{\text{с}}}{i_{\text{пред}} \cdot \text{М}}. \quad (4.5)$$

После определения заложения ( $d_{\text{п}}$ ) выполняется нанесение проектной «трассы» в виде ломаной линии между точками  $C$  и  $E$  (рис. 4.4).

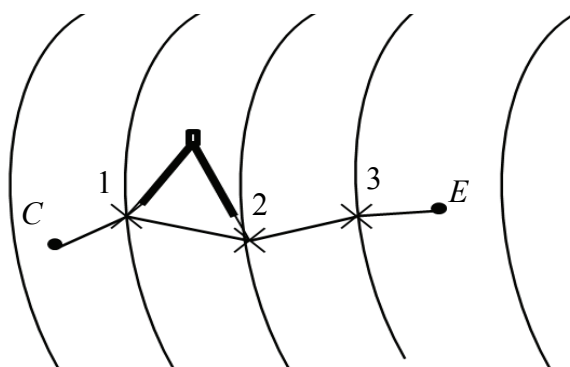


Рис. 4.4. Построение линии с заданным уклоном

Отрезок  $d_{\text{п}}$  берется в раствор циркуля-измерителя (рис. 4.4). Так как точка  $C$  располагается между горизонталями, то для отыскания направления отрезка  $d_{\text{п}}$  циркуль-измеритель устанавливают так, чтобы его иглы опирались на соседние горизонтали и находились на прямой  $d_{\text{п}}$ , проходящей через точку  $C$ , на следующей горизонтали ставим засечку в точке 1. Затем одна игла циркуля-измерителя становится на точку 1 копии карты, второй иглой засекается ближайшая горизонталь в точке 2. Если ножка циркуля не будет доставать горизонтали 2, то откладываем линию по кратчайшему направлению. Засекаем от точки 2 следующую горизонталь в точке 3 и продолжаем нанесение участков «трассы» дальше, избегая крутых ее поворотов. Соединение последней горизонтали с конечной точкой «трассы»  $E$  осуществляется аналогично отложению первого отрезка  $d_{\text{п}}$  через точку  $C$ .

**Задание 4.** Профиль строится на листе миллиметровой бумаги формата А4. Сначала в нижней части листа вычерчивается сетка профиля по образцу рис. 4.5.

Учитывая, что горизонтальный масштаб профиля равен масштабу копии карты, в строку «Расстояния, м» переносят с карты (рис. 4.5) точки  $C$ , 1, 2, ...,  $n$ ,  $E$  пересечения линии  $CE$  с горизонталями и указывают расстояния между соседними точками для местности, измеренные на карте с точностью 0,1–0,2 мм (отрезки  $C-1$ ,  $1-2$ ,  $2-3$ ,  $3-n$ , ...,  $n-E$ ).



Рис. 4.5. Построение профиля по карте с горизонталями

В строке «Отметки земли, м» записывают высоты точек 1, 2, ...,  $n$ , лежащих на пересечении линии  $CE$  с горизонталями, а также точек  $C$  и  $E$  (см. задание 2).

Для построения вертикальных отрезков профиля следует подписать сантиметровые горизонтальные линии миллиметровой бумаги такими значениями отметок (кратными 10 м), при которых линия профиля земли расположится выше линии условного горизонта на 50–70 м.

На вертикальные линии миллиметровой сетки в масштабе 1:1000 с точностью до долей миллиметра наносят метки, соответствующие высотам точек, записанным в строке «Отметки земли, м». Нанесенные точки соединяют между собой прямыми отрезками и получают «линию земли», т. е. профиль земной поверхности. Те же точки соединяют вертикальными прямыми с линией условного горизонта. Профиль вычерчивают черным цветом с указанием номера задания и вклеивают в тетрадь.

## Лабораторная работа № 5

# УСЛОВНЫЕ ЗНАКИ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ И ЛЕСНЫХ ПЛАНОВ И КАРТ

*Цель лабораторной работы:* изучить назначение и применение условных знаков для топографических планов и карт, усвоить сущность их главных групп.

*Обеспечивающие средства:* линейка с миллиметровыми делениями, циркуль-измеритель, комплект учебных карт и планов различных масштабов, условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500, рабочая тетрадь, чертежные принадлежности.

### Общие сведения

Важнейшим показателем топографических и лесных планов и карт является их наглядность, которая достигается применением условных знаков, т. е. картографических обозначений.

Условные знаки характеризуют качественные и количественные особенности элементов местности и показывают их местоположение. Условные знаки представляют собой символические, штриховые и фоновые обозначения объектов местности, которые передают форму, размеры, местоположение и взаимные связи между объектами.

Различают условные знаки *масштабные*, *внемасштабные* и *пояснительные*.

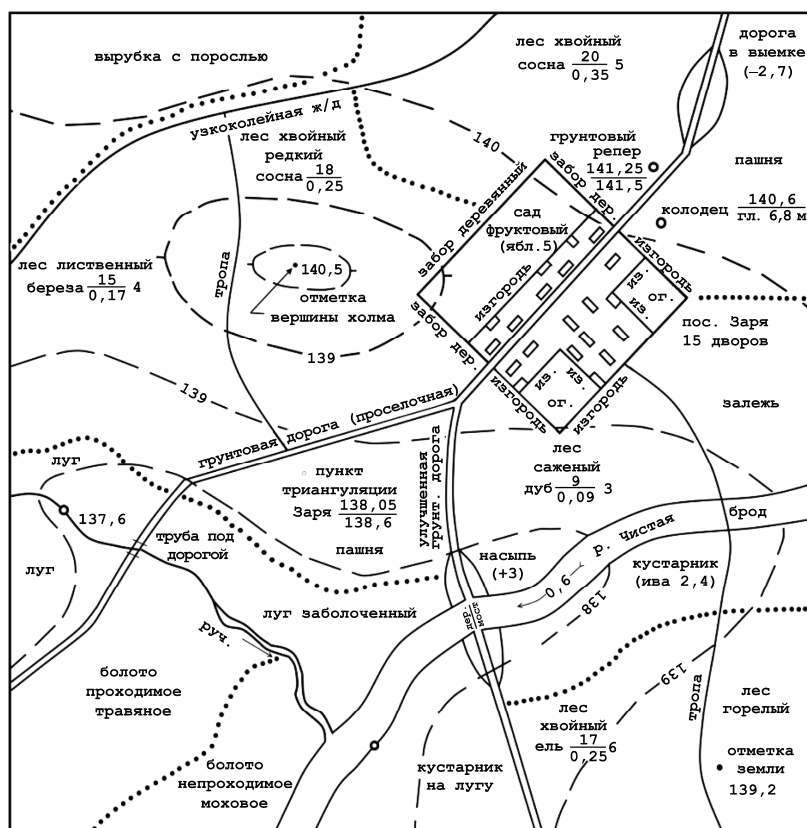
Крупные объекты местности (лесные массивы, сельскохозяйственные площади, озера и др.) на плане и карте изображаются в уменьшенном и подобном очертании. Такие объекты вычерчивают контурными или масштабными условными топографическими знаками. Относительно небольшие по площади объекты, например колодцы, башенные сооружения, сельские здания и т. п., на плане крупного масштаба (1:500, 1:1000) изображаются контуром с достаточными для измерения на плане размерами (больше 1–2 мм), но для показа таких объектов на карте более мелкого масштаба (например, 1:10 000 и мельче) требуется учитывать его предельную точность ( $t_{\pi} = 0,1$  мм) и применять внемасштабные условные топографические знаки, т. е. показывать предметы в преувеличенном изображении, пригодном для рассмотрения пользователем карты.

Например, надпись „Береза  $\frac{15}{0,30}5$ ” означает, что на год составле-

## Задание

## Порядок выполнения работы

## ПЛАН УЧАСТКА




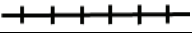
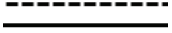
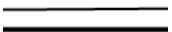
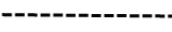



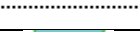










## План участка местности



При вычерчивании топографического плана следует заменить схематические линии и пояснительные надписи условными топографическими знаками, примеры которых приведены в таблицах топографических условных знаков [3] или в следующей таблице.

**Условные знаки топографических планов и карт масштаба 1:5000**

Название и характеристика топографического объекта	Условный знак топографического объекта
Пункт триангуляции	 Заря $\frac{138,05}{138,6}$
Нивелирные реперы	 $\frac{141,25}{141,5}$
Отметка вершины холма, земли	 139,2
Узкоколейная железная дорога	
Грунтовая дорога (проселочная)	
Грунтовая дорога улучшенная	
Тропа	
Забор деревянный	
Изгородь	
Труба под дорогой	
Контуры растительности	
Мост деревянный	
Дорога в выемке	 3,5
Дорога по насыпи	 2,5 дерн.
Горизонталь	 60
Вырубка с порослью	
Лес хвойный (сосна)	 20 0,35 5
Лес хвойный (ель)	 17 0,25 6
Лес лиственный (береза)	 15 0,17 4
Лес хвойный редкий (сосна)	 18 0,25

Название и характеристика топографического объекта	Условный знак топографического объекта
Лес сажень (дуб)	
Лес горелый	
Пашня	
Залежь	
Сад фруктовый	
Луг	
Луг заболоченный	
Кустарник	
Кустарник на лугу	
Болото проходное травяное	
Болото непроходимое моховое	
Огород	

Изображения объектов вычерчиваются черным, зеленым и коричневым цветом. Для нанесения условных знаков линейного вида необходимо пользоваться линейкой и рейсфедером, для кольцевых знаков – крон-циркулем, для проведения горизонтали – рейсфедером-кривоножкой и лекальными линейками.

Кривые линии можно вычерчивать тушью чертежным пером № 41 от руки. Пером двигают влево или вправо (но не на себя), в результате получают тонкие (около 0,2 мм) плавные линии постоянной толщины. При этом не следует пользоваться лекальными линейками.

Положение заполняющих значков условных знаков луга, сада, леса саженного и залежи предварительно размечается сеткой карандашных линий по размерам, указанным в [3].

Название объектов, их буквенные и цифровые характеристики, отметки точек подписываются параллельно северной (верхней) и южной (нижней) рамкам плана. Высота букв и цифр – 2,5–3,0 мм.

Горизонтالي проводятся тонкими (0,2 мм) сплошными линиями светло-коричневой тушью. В разрывах горизонталей подписываются той же тушью их отметки, основание цифр обращается в сторону понижения рельефа. Бергштрихами длиной 0,8–1,0 мм указывают направление понижения поверхности, их наносят в минимальном количестве для уточнения форм рельефа.

## Лабораторная работа № 6

# ОРИЕНТИРОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ

*Цель лабораторной работы:* детально ознакомиться с определением азимутов, дирекционных углов, румбов, склонением магнитной стрелки, сближением меридианов; усвоить переходы от магнитных азимутов к географическим, от географических азимутов к дирекционным углам, от азимутов к румбам и обратные зависимости.

*Обеспечивающие средства:* линейка с миллиметровыми делениями, циркуль-измеритель, металлическая масштабная линейка (ЛПМ-1), транспортир-геодезический (ТГ-1), топографическая карта масштаба 1:10 000, рабочая тетрадь, чертежные принадлежности.

### Общие сведения

Ориентировать линию – это значит определить ее направление относительно исходного, заданного или известного направления.

В геодезии за исходные направления для ориентирования принимают географический или магнитный меридианы, осевой меридиан зоны (ось  $X$  прямоугольной системы координат Гаусса).

В зависимости от выбранного исходного меридиана для ориентирования углы направлений подразделяются на географический (истинный) и магнитный азимуты, дирекционный угол и румбы.

Если линию ориентируют относительно географического меридиана, то азимут называют географическим (истинным), а если относительно магнитного меридиана – то магнитным азимутом (рис. 6.1).

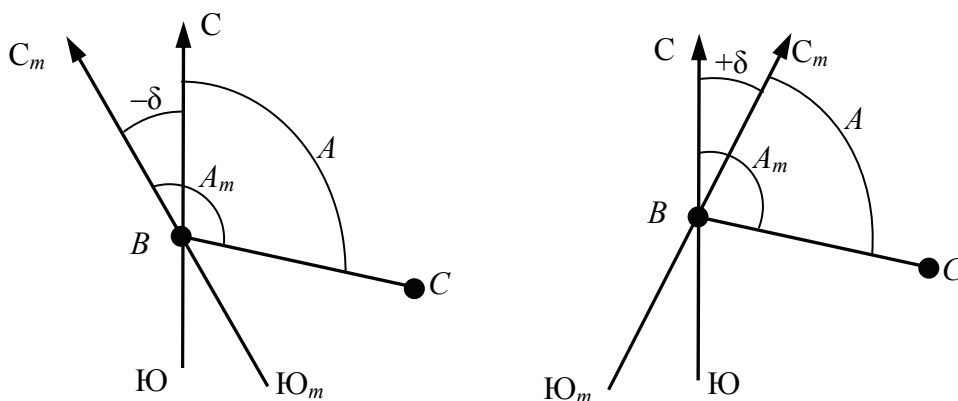


Рис. 6.1. Связь между географическим и магнитным азимутами

Географический и магнитный азимуты различаются на угол склонения магнитной стрелки  $\delta$ :

$$A = A_m + \delta. \quad (6.1)$$

Угол  $\delta$  учитывается со знаком «+» при восточном склонении магнитной стрелки и «-» при западном.

Дирекционный угол ( $\alpha$ ) отсчитывают от северного направления осевого меридиана (оси  $X$  прямоугольной системы координат Гаусса) по ходу часовой стрелки. В качестве линий, параллельных осевому меридиану, служат вертикальные линии координатной сетки.

Географический и дирекционный углы связаны формулой (с учетом знака угла сближения меридианов в западной и восточной частях 6-градусной зоны):

$$A = \alpha + \gamma. \quad (6.2)$$

Угол, образованный осевым и географическим меридианами данной точки, называют сближением меридианов  $\gamma$ . Сближение меридианов может быть восточным (положительным), если северное направление оси  $OX$  отклоняется к востоку от географического меридиана, и западным (отрицательным), если северное направление оси  $OX$  отклоняется к западу от географического меридиана (рис. 6.2).

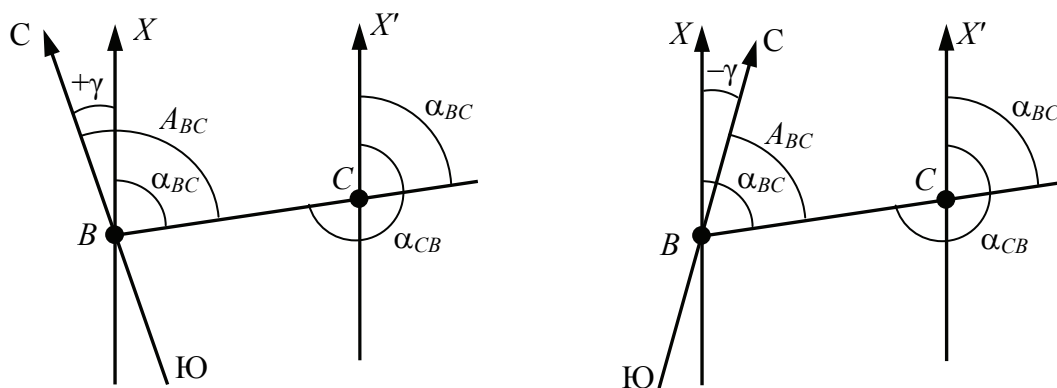


Рис. 6.2. Связь между дирекционным углом и географическим азимутом

Различают дирекционные углы прямые и обратные (рис. 6.2). Обратный дирекционный угол отличается от прямого ровно на  $180^\circ$ , т. е.

$$\alpha_{CB} = \alpha_{BC} + 180^\circ \quad (\alpha_{CB} < 360^\circ). \quad (6.3)$$

Дирекционный угол обладает важным свойством: в каждой точке линии дирекционный угол сохраняет свое постоянное значение.

В практике вычислений находят применение острые углы ориентирования – *румбы* (рис. 6.3). Румб может отсчитываться по ходу или против часовой стрелки от ближайшего направления меридиана к ориентируемой линии.

Величина румба дается в градусах с обязательным указанием четверти по сторонам света в зависимости от положения ориентируемой линии (СВ, ЮВ, ЮЗ, СЗ):  $r = \text{ЮВ}: 30^\circ 45'$ .

Для вычисления румбов (географических, дирекционных или магнитных) применяют формулы, приведенные в табл. 6.1.

Таблица 6.1

**Зависимость между румбическими  
и азимутальными направлениями прямых линий**

Азимут (дирекционный угол) $A$ , град	Четверть	Вычисление румба $r$	Пример записи румба	Вычисление азимута, или дирекционного угла
0–90	I (СВ)	$r = \text{СВ}: A$	СВ: $70^\circ 30'$	$A = r$
90–180	II (ЮВ)	$r = \text{ЮВ}: (180^\circ - A)$	ЮВ: $73^\circ 10'$	$A = 180^\circ - r$
180–270	III (ЮЗ)	$r = \text{ЮЗ}: (A - 180^\circ)$	ЮЗ: $45^\circ 00'$	$A = 180^\circ + r$
270–360	IV (СЗ)	$r = \text{СЗ}: (360^\circ - A)$	СЗ: $35^\circ 45'$	$A = 360^\circ - r$

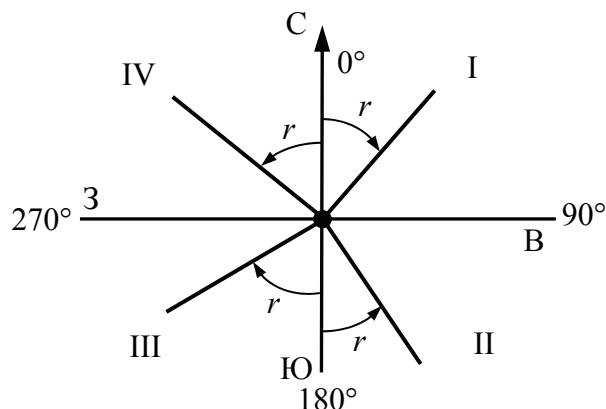


Рис. 6.3. Румбы направлений в разных четвертях

Вычисленный по географическому азимуту румб обозначается  $r_r$ , по магнитному –  $r_m$ , по дирекционному –  $r$ .

### Задания

**Задание 1.** Для прямой линии 1-2 известны магнитный азимут  $A_m$  и склонение  $\delta_1$  магнитной стрелки в точке 1. Вычислить географический азимут  $A_{1-2}$  и румб  $r_{1-2}$ . Решение пояснить чертежом. Необходимые данные приведены в табл. 6.2 по вариантам.

**Задание 2.** Для прямой линии 1-2 в точке 1 известны магнитный азимут  $A_m$ , склонение  $\delta_1$  магнитной стрелки и сближение меридианов  $\gamma_1$ . Вычислить дирекционный угол ( $\alpha_{1-2}$ ) и румб ( $r_{1-2}$ ) линии 1-2. Решение пояснить чертежом. Необходимые данные приведены в табл. 6.2 по вариантам.

Таблица 6.2

**Значения магнитного азимута  $A_m$ , склонения магнитной стрелки  $\delta$  и сближения меридианов  $\gamma$  к заданиям 1 и 2**

Номер вари- анта	$A_{m(1-2)}$	$\delta_1$	$\gamma_1$	Номер вари- анта	$A_{m(1-2)}$	$\delta_1$	$\gamma_1$
1	48°15,2'	+4°16,5'	-0°19,4'	34	71°27,8'	-1°46,3'	+0°20,4'
2	67°48,4'	+3°11,6'	+1°17,2'	35	67°24,0'	+1°10,4'	-0°37,2'
3	117°57,5'	-2°16,7'	+0°38,4'	36	68°41,5'	-2°38,5'	-1°16,2'
4	167°50,3'	-1°12,3'	+0°40,5'	37	77°24,5'	-0°40,2'	-0°24,5'
5	180°03,5'	+2°13,4'	+1°10,1'	38	67°18,2'	+1°30,4'	+0°59,4'
6	169°05,2'	-0°49,0'	-1°20,4'	39	71°18,7'	-1°24,7'	+4°21,0'
7	121°15,6'	+2°16,7'	-1°34,9'	40	60°28,4'	+1°06,9'	-1°26,0'
8	150°43,8'	-1°27,8'	-0°14,2'	41	149°41,7'	-0°58,4'	+0°46,3'
9	159°16,7'	-2°13,0'	-1°44,8'	42	230°19,0'	-0°29,5'	+0°10,5'
10	249°13,4'	+2°27,1'	+1°16,8'	43	64°16,5'	-3°18,6'	+1°06,2'
11	161°00,1'	-1°16,5'	-2°18,0'	44	74°27,4'	+4°36,2'	-1°20,6'
12	199°15,2'	+0°27,8'	+4°20,5'	45	60°48,8'	-0°48,5'	+0°00,3'
13	140°28,3'	-4°13,2'	+0°16,3'	46	61°00,6'	-1°16,9'	-2°20,4'
14	159°51,3'	-2°18,0'	+1°13,5'	47	67°18,4'	+2°16,1'	-1°18,4'
15	136°28,5'	-3°27,1'	-2°30,9'	48	139°24,1'	-2°14,2'	-0°16,1'
16	47°38,9'	+1°6,2'	-1°53,4'	49	167°28,2'	+0°43,7'	+0°46,7'
17	52°40,2'	-2°18,3'	+1°16,7'	50	134°39,3'	+3°21,4'	-2°16,8'
18	150°02,5'	+3°18,1'	-1°27,3'	51	297°28,0'	+1°14,8'	-2°26,1'
19	211°16,7'	-2°20,5'	+3°31,8'	52	200°30,1'	+2°16,9'	+1°27,2'
20	160°25,8'	+1°16,9'	-2°18,7'	53	211°37,6'	-0°27,0'	+1°38,9'
21	237°15,4'	-2°15,1'	-0°23,0'	54	259°16,5'	+0°49,6'	+0°58,1'
22	247°26,8'	+1°13,5'	+0°48,4'	55	237°28,2'	-0°51,2'	-0°58,1'
23	151°16,9'	-0°49,2'	+2°13,8'	56	121°16,2'	-2°17,4'	-1°01,2'
24	290°17,0'	+1°39,2'	+4°15,2'	57	126°12,8'	+1°20,8'	-2°42,4'
25	200°00,0'	+1°15,2'	-0°49,8'	58	239°26,0'	-1°16,9'	+1°27,2'
26	230°48,8'	-0°48,5'	+0°00,3'	59	247°28,4'	+1°15,8'	-1°15,2'
27	200°08,9'	-1°16,7'	+1°26,5'	60	167°24,5'	-1°16,2'	-1°17,4'
28	161°38,6'	+2°21,2'	-2°19,9'	61	330°00,4'	+0°00,4'	-1°27,0'
29	132°16,9'	-1°17,8'	+1°26,8'	62	237°00,6'	+1°27,2'	-1°34,5'
30	323°27,1'	+1°20,6'	-0°47,9'	63	249°00,9'	+2°47,3'	+1°40,4'
31	180°00,0'	-0°40,5'	-0°40,5'	64	70°15,2'	-1°30,4'	+2°16,2'
32	258°16,7'	+2°41,6'	-1°00,2'	65	67°28,8'	+1°26,0'	+0°16,4'
33	143°19,5'	+3°21,5'	-2°41,0'	66	229°16,9'	-1°10,2'	+3°31,5'

**Задание 3.** Для ломанной линии 1-2-3 в табл. 6.3 приведены ориентирующие углы  $A_{m(2-3)}$ ,  $A_{2-1}$  и склонение  $\delta_2$  магнитной стрелки в точке 2. Вычислить значение правого по ходу 1-2-3 угла  $\beta$  с вершиной в точке 2. Решение пояснить чертежом.

Таблица 6.3

**Исходные данные к заданию 3**

Номер вари- анта	$A_{m(2-3)}$	$A_{2-1}$	$\delta_2$	Номер вари- анта	$A_{m(2-3)}$	$A_{2-1}$	$\delta_2$
<b>1</b>	48°15'	126°17'	−3°16'	<b>34</b>	71°28'	167°24'	+7°16'
<b>2</b>	124°44'	236°16'	+4°20'	<b>35</b>	67°24'	155°41'	+6°20'
<b>3</b>	117°57'	203°30'	−4°06'	<b>36</b>	68°41'	139°36'	+6°03'
<b>4</b>	167°50'	238°44'	−4°12'	<b>37</b>	77°24'	164°38'	−3°33'
<b>5</b>	150°03'	253°34'	+3°40'	<b>38</b>	67°18'	154°10'	−4°43'
<b>6</b>	169°05'	251°43'	−5°20'	<b>39</b>	71°19'	161°37'	−4°19'
<b>7</b>	121°15'	253°16'	+8°18'	<b>40</b>	60°28'	155°26'	+5°47'
<b>8</b>	150°43'	236°53'	+7°16'	<b>41</b>	149°41'	240°40'	+4°28'
<b>9</b>	159°17'	247°51'	+6°27'	<b>42</b>	230°19'	300°30'	−5°17'
<b>10</b>	200°13'	300°55'	+3°33'	<b>43</b>	64°16'	125°36'	+3°46'
<b>11</b>	161°00'	229°15'	+5°18'	<b>44</b>	74°27'	155°51'	+6°29'
<b>12</b>	99°15'	218°44'	+4°37'	<b>45</b>	60°49'	164°27'	−4°27'
<b>13</b>	140°28'	253°33'	+4°12'	<b>46</b>	61°00'	138°50'	−4°44'
<b>14</b>	159°51'	261°41'	+4°50'	<b>47</b>	67°18'	124°37'	+3°30'
<b>15</b>	136°28'	222°27'	+317'	<b>48</b>	139°24'	237°55'	+4°59'
<b>16</b>	147°38'	253°13'	−5°08'	<b>49</b>	167°28'	248°44'	+3°50'
<b>17</b>	152°40'	234°17'	−5°08'	<b>50</b>	134°39'	250°50'	−3°36'
<b>18</b>	150°02'	218°57'	−8°19'	<b>51</b>	127°28'	247°34'	−5°30'
<b>19</b>	71°16'	153°44'	−4°29'	<b>52</b>	100°31'	200°41'	+4°21'
<b>20</b>	160°25'	247°26'	+8°13'	<b>53</b>	111°38'	222°38'	+2°38'
<b>21</b>	137°15'	250°00'	+5°33'	<b>54</b>	59°16'	136°47'	+5°06'
<b>22</b>	47°27'	155°26'	+4°41'	<b>55</b>	137°13'	229°41'	+6°26'
<b>23</b>	51°16'	157°42'	+3°50'	<b>56</b>	121°21'	231°40'	+5°20'
<b>24</b>	80°31'	153°27'	+4°13'	<b>57</b>	126°12'	220°20'	−8°17'
<b>25</b>	100°00'	233°43'	+4°17'	<b>58</b>	139°26'	248°46'	−7°37'
<b>26</b>	130°09'	216°53'	−5°19'	<b>59</b>	147°48'	209°51'	−3°21'
<b>27</b>	61°38'	170°30'	−6°20'	<b>60</b>	67°24'	154°47'	−5°36'
<b>28</b>	161°36'	229°46'	−6°27'	<b>61</b>	30°00'	130°00'	−5°30'
<b>29</b>	152°17'	162°17'	+3°15'	<b>62</b>	137°00'	229°49'	+6°02'
<b>30</b>	123°27'	204°16'	+5°40'	<b>63</b>	149°59'	251°13'	+3°18'
<b>31</b>	60°00'	129°30'	−3°30'	<b>64</b>	70°15'	161°41'	+5°21'
<b>32</b>	158°17'	237°17'	−5°27'	<b>65</b>	129°16'	243°34'	−5°29'
<b>33</b>	143°26'	243°47'	+4°51'	<b>66</b>	37°18'	147°48'	−5°26'



**Задание 4.** Географические азимуты  $A_{2-1}$  и  $A_{2-3}$ , известные по заданию 3, перевести в румбы  $r_{2-1}$  и  $r_{2-3}$  сторон 2-1 и 2-3. Пользуясь румбами, найти правый по ходу угол  $\beta$ . Решение пояснить чертёжом. Результаты решения заданий 3 и 4 должны совпасть.

### Порядок выполнения работы

Выполнение заданий следует дополнять поясняющей схемой. Если в задании указана величина угла  $\gamma$  сближения меридианов, то на схеме сначала прочерчивают через начальную точку линию географического меридиана СЮ. Затем с учетом знака угла  $\gamma$  сближения меридианов наносят линию оси абсцисс  $OX$  (см. рис. 6.2). Линию магнитного меридиана  $С_mЮ_m$  прочерчивают относительно линии СЮ с учетом угла  $\delta$  склонения магнитной стрелки (см. рис. 6.1).

**Задание 1.** Выполнение задания поясним на примере:  $A_{m(1-2)} = 140^\circ 26,8'$ ,  $\delta_1 = -0^\circ 40,5'$ . Составляем поясняющую схему (рис. 6.4). Сначала через точку 1 проводим географический меридиан СЮ, затем с учетом западного угла  $\delta$  склонения магнитной стрелки прочерчиваем линию магнитного меридиана  $С_mЮ_m$ . После этого проводим линию 1-2 под углом  $\approx 140^\circ$ . Дуговыми линиями показываем азимуты – магнитный  $A_m$  и географический  $A$ .

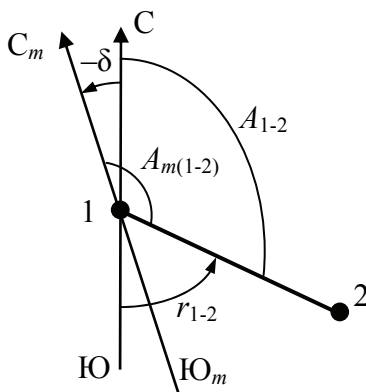


Рис. 6.4. Схема к решению задания 1

В соответствии со схемой и формулой (6.1) находим

$$A_{1-2} = 140^\circ 26,8' - 0^\circ 40,5' = 139^\circ 46,3' \text{ (II четверть)}.$$

Используя зависимость между румбическими и азимутальными направлениями (табл. 6.1), определяем географический румб линии 1-2:

$$\begin{aligned} r_{1-2} &= \text{ЮВ: } (180^\circ - 139^\circ 46,3') = \text{ЮВ: } (179^\circ 60' - 139^\circ 46,3') = \\ &= \text{ЮВ: } 40^\circ 13,7'. \end{aligned}$$

**Задание 2.** Выполнение задания рассмотрим на примере:  $A_{m(1-2)} = 140^{\circ}26,8'$ ,  $\delta_1 = -0^{\circ}40,5'$ ,  $\gamma_1 = -1^{\circ}50,2'$ . Составляем поясняющую схему (рис. 6.5). Сначала через точку 1 проводим географический меридиан СЮ, затем с учетом западного угла  $\gamma$  сближения меридианов наносим ось абсцисс  $OX$  и после этого, учитывая западный угол  $\delta$  склонения магнитной стрелки, прочерчиваем линию магнитного меридиана  $C_mЮ_m$ . Проводим линию 1-2 под углом  $\approx 140^{\circ}$ . Дуговыми линиями показываем магнитный азимут  $A_m$  и дирекционный угол  $\alpha$ .

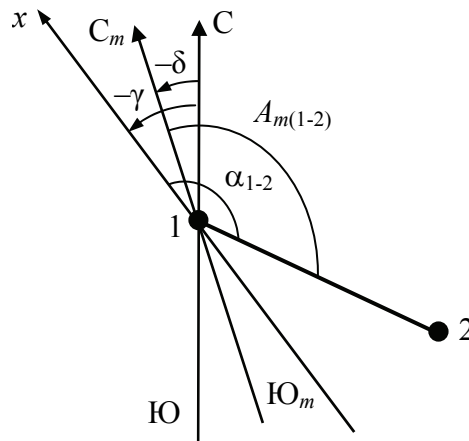


Рис. 6.5. Схема к решению задания 2

Используя формулы (6.1) и (6.2), проведя соответствующие их преобразования, получим формулу для определения дирекционного угла через магнитный азимут:

$$\alpha = A_m + \delta - \gamma. \quad (6.3)$$

Находим дирекционный угол линии 1-2:

$$\alpha_{1-2} = 140^{\circ}26,8' - 0^{\circ}40,5' + 1^{\circ}50,2' = 141^{\circ}36,5' \text{ (II четверть)}.$$

Используя зависимость между румбическими и азимутальными направлениями (табл. 6.1), определяем дирекционный румб линии 1-2:

$$\begin{aligned} r_{1-2} &= \text{ЮВ: } (180^{\circ} - 141^{\circ}36,5') = \text{ЮВ: } (179^{\circ}60' - 141^{\circ}36,5') = \\ &= \text{ЮВ: } 38^{\circ}23,5'. \end{aligned}$$

**Задание 3.** Составляем поясняющую схему (рис. 6.6). Проводим линию СЮ географического меридиана, отмечаем точку 2 и с учетом знака угла  $\delta_2$  проводим линию магнитного меридиана  $C_mЮ_m$ . Наносим отрезки 2-1 и 2-3 по значениям их ориентирующих углов

$A_{2-1}$  и  $A_{m(2-3)}$ . Дуговыми линиями показываем азимуты – географический  $A_{2-1}$  и магнитный  $A_{m(2-3)}$ , а также искомый правый по ходу угол  $\beta$ .

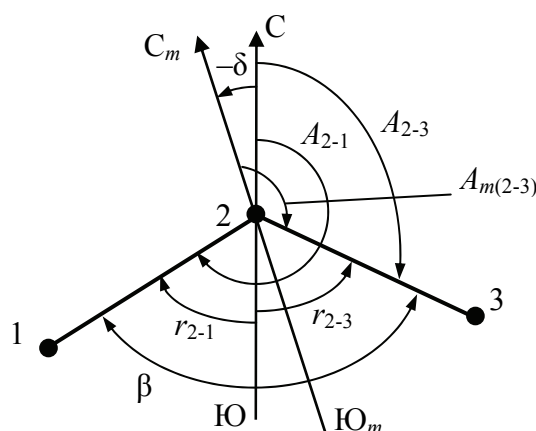


Рис. 6.6. Схема к решению заданий 3, 4

По схеме видно, что искомый угол

$$\beta = A_{2-1} - A_{2-3}, \quad (6.4)$$

где

$$A_{2-3} = A_{m(2-3)} + |-\delta_2|. \quad (6.5)$$

*Задание 4.* Выполнение задания рассмотрим на примере:  $A_{2-3} = 124^\circ 35,6'$ ;  $A_{2-1} = 245^\circ 20,0'$ . Составляем поясняющую схему (рис. 6.6).

Вычисляем румбы линий 2-1 и 2-3:

$$r_{2-1} = \text{ЮЗ: } (A_{2-1} - 180^\circ) = \text{ЮЗ: } 65^\circ 20,0';$$

$$r_{2-3} = \text{ЮВ: } (180^\circ - A_{2-3}) = \text{ЮВ: } 55^\circ 24,4'.$$

В соответствии со схемой румбических направлений линий 2-1 и 2-3 (рис. 6.6) находим

$$\beta = r_{2-1} + r_{2-3} = 120^\circ 44,4'. \quad (6.6)$$

Левый по ходу 1-2-3 угол

$$\omega = 360^\circ - \beta = 239^\circ 15,6'. \quad (6.7)$$

# Лабораторная работа № 7

## ИЗМЕРЕНИЕ ОРИЕНТИРУЮЩИХ УГЛОВ НА КАРТЕ И МЕСТНОСТИ. УСТРОЙСТВО БУССОЛИ

*Цель лабораторной работы:* изучить и усвоить методику и технологию измерения ориентирующих углов на карте и местности; ознакомиться с назначением и устройством буссоли (БГ-1).

*Обеспечивающие средства:* линейка с миллиметровыми делениями, циркуль-измеритель, металлическая масштабная линейка (ЛПМ-1), транспортир геодезический (ТГ), рабочая тетрадь, топографическая карта масштаба 1:10 000, буссоль геодезическая (БГ-1), инженерный калькулятор.

### Общие сведения

На топографической карте представлена географическая система координат и система плоских прямоугольных координат. Соответственно, направления линий характеризуются географическими азимутами или дирекционными углами.

В тех случаях, когда необходимо ориентировать карту на местности, или отобразить на карте либо плане линию местности определенного направления, или решить другие аналогичные задачи, т. е. «перейти от карты к местности» и наоборот, ориентируются относительно магнитного меридиана, направление которого определяется магнитной стрелкой.

На местности измеряются магнитные азимуты и румбы с помощью буссоли (гониометра).

*Буссоль* – геодезический прибор, предназначенный для измерения магнитных азимутов, магнитных румбов и горизонтальных углов.

Основная часть буссоли – магнитная стрелка 4, ось которой устанавливается по направлению магнитного меридиана (рис. 7.1). Стрелка вращается на острие шпиля, укрепленного в центре латунной или пластмассовой коробки, прикрытой сверху стеклянной крышкой. Северный конец ее окрашен в черный цвет. Чтобы острие шпиля не затупилось, в нерабочем положении стрелку при помощи арретирующего устройства прижимают к стеклу коробки. Внутри коробки (собственно буссоли), по ее краю укреплено румбическое кольцо с градусными делениями.

Буссоль геодезическая (БГ-1) состоит из *собственно буссоли 1*, которая включает – корпус, румбическое кольцо *3* и магнитную стрелку *4*, *лимба 7* – горизонтального круга с делениями от 0 до 360°, *алидады 6*, *глазного диоптра 2* – узенькой щели в пластине, *предметного диоптра 5* – визирного волоска в прорези диоптра, *переходной втулки 8*, с помощью которой буссоль устанавливается на штативе.

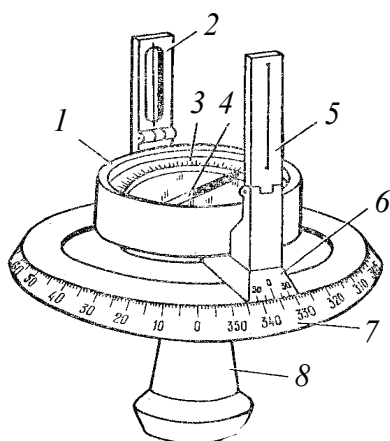


Рис. 7.1. Буссоль геодезическая БГ-1:

1 – собственно буссоль; 2 – предметный диоптр; 3 – румбическая шкала;  
4 – магнитная стрелка; 5 – глазной диоптр; 6 – алидада; 7 – лимб;  
8 – переходная втулка

### Задания

**Задание 1.** По топографической карте измерить при помощи транспортира ТГ следующие ориентирующие углы шоссейной дороги, считая прямым ее направление к востоку: а) географический азимут; б) дирекционный угол. Вычислить угол сближения меридианов. Оценить точность измерения углов транспортиром на карте.

**Задание 2.** По топографической карте измерить при помощи транспортира ТГ дирекционный угол линии  $KN$ , определить ее горизонтальное проложение. Используя полученные данные и прямоугольные координаты точки  $K$  (вычисленные при решении задания 2 лабораторной работы № 3), вычислить прямоугольные координаты точки  $N$ .

**Задание 3.** Изучить устройство буссоли БГ-1. Ознакомиться с методикой измерения магнитных румбов и азимутов на местности с помощью буссоли БГ-1. Для четырех направлений определить магнитные румбы и азимуты. Результаты измерений занести в таблицу.

### Магнитные направления

Номер точки	Направление	Магнитный румб $r_m$	Магнитный азимут $A_m$	Абрис

### Порядок выполнения работы

**Задание 1.** Дирекционный угол и географический азимут на карте измеряют транспортиром.

Дирекционный угол направления отрезка на карте – угол, отсчитываемый по направлению часовой стрелки от северного направления вертикальных линий километровой сетки до ориентируемого направления. При необходимости перед измерением отрезок удлиняют до пересечения с линией сетки. Транспортир накладывается на карту таким образом, чтобы центр его совпадал с точкой пересечения определяемого направления и вертикальной линией сетки, а деления 0 и 180° транспортира совпадали с вертикальной линией сетки (рис. 7.2).

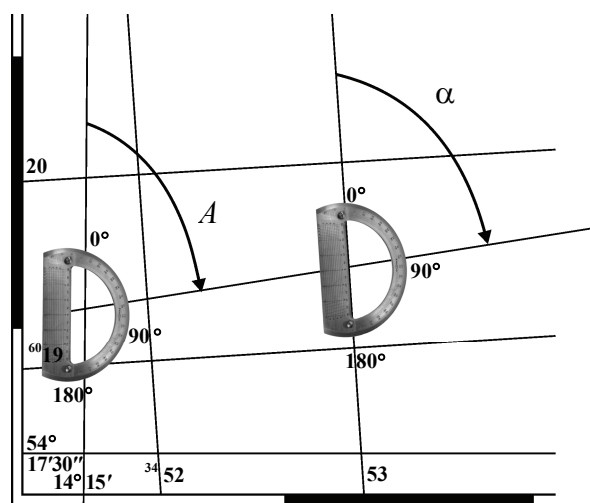


Рис. 7.2. Определение дирекционного угла и географического азимута по карте

Западная внутренняя рамка карты представляет направление географического меридиана. Угол между северным направлением меридиана и ориентируемым направлением и есть географический азимут. Для измерения географического меридиана транспортир накладывается на карту таким образом, чтобы центр его совпадал с точкой пересечения определяемого направления и левым краем

карты, а деления 0 и 180° транспортира совпадали с внутренней рамкой карты (рис. 7.2).

Для определения угла сближения меридианов используем зависимость между географическим азимутом и дирекционным углом, которая имеет вид

$$A = \alpha + \gamma, \quad (7.1)$$

где  $A$  – географический азимут ориентируемой линии,  $\alpha$  – дирекционный угол этой же линии.

Вычислив угол сближения меридианов, необходимо сопоставить найденное значение с величиной сближения, приведенное на топографической карте под ее южной рамкой.

**Задание 2.** Определяют местоположение точек  $K$  и  $N$  на карте, проводят линию, соединяющую указанные точки.

С помощью геодезического транспортира относительно вертикальной линии координатной сетки, в точке пересечения ориентируемой линии  $KN$  с линией сетки определяют дирекционный угол.

По топографической карте с помощью линейки с миллиметровыми делениями измеряют длину линии  $KN - d_{\text{п}}$ .

Зная масштаб топографической карты и используя формулу численного масштаба

$$\frac{1}{M} = \frac{d_{\text{п}}}{d}, \quad (7.2)$$

определяем длину горизонтального проложения линии  $KN$ :

$$d = M \cdot d_{\text{п}}. \quad (7.3)$$

Зная прямоугольные координаты точки  $K$ , в соответствии с рис. 7.3 определяем координаты точки  $N$ , используя формулы прямой геодезической задачи:

$$x_N = x_K + \Delta x, \quad (7.4)$$

$$y_N = y_K + \Delta y, \quad (7.5)$$

где  $\Delta x$  и  $\Delta y$  – приращения координат.

Используя измеренный дирекционный угол ( $\alpha$ ) и горизонтальное проложение ( $d$ ) линии  $KN$ , приращения координат определяют по формулам:

$$\Delta x = d \cdot \cos \alpha; \quad (7.6)$$

$$\Delta y = d \cdot \sin \alpha. \quad (7.7)$$

**Задание 3.** Для измерения магнитных румбов и магнитных азимутов на местности используют геодезическую буссоль (БГ-1).

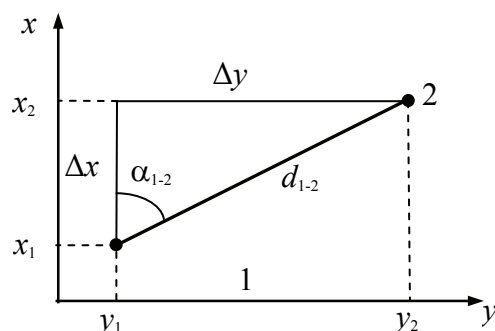


Рис. 7.3. Определение прямоугольных координат точки по дирекционному углу и горизонтальному проложению

Перед началом измерений ориентирующих углов буссоль устанавливается над начальной точкой, выполняется нивелирование прибора и приводится в исходное положение «*три ноля*» – совмещается ноль верньера глазного диоптра со значением нуля на лимбе и поворотом всего прибора относительно насадки черный конец магнитной стрелки выводится на ноль градусного кольца напротив предметного диоптра (рис. 7.4).

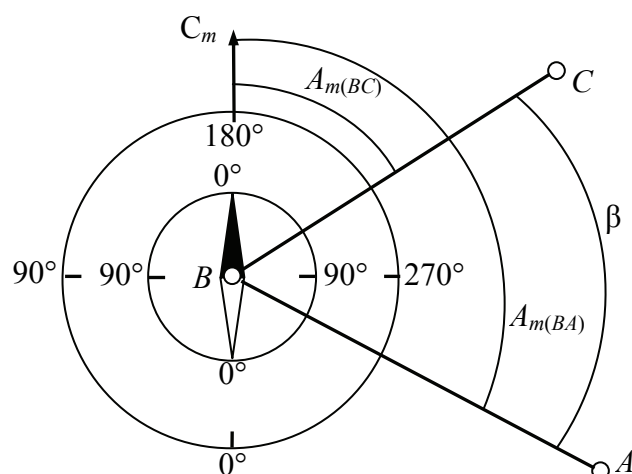


Рис. 7.4. Рабочее положение буссоли «три ноля»

Оставляя неподвижной коробку буссоли, поворачивают алидаду так, чтобы через диоптры был виден объект, находящийся в конечной точке. Точно совместив с объектом вертикальную плоскость, проходящую через прорезь глазного и нить предметного диоптров, т. е. выполнив визирование на объект, можно брать отсчеты.

Для определения магнитного румба необходимо по местоположению предметного диоптра и ближайшего к нему направления магнитного меридиана (магнитной стрелки) определить его направ-



ление, а также по установленному ближайшему концу магнитной стрелки и румбическому кольцу снять отсчет, который будет представлять собой градусную меру румба. Точность взятого отсчета будет составлять  $0,5^\circ$ , так как деления на румбической шкале нанесены через  $1^\circ$ .

Для определения магнитного азимута необходимо снять отсчет под глазным диоптром по лимбу с помощью верньера (рис. 7.5).

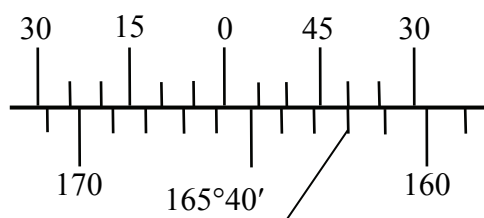


Рис. 7.5. Примеры отсчетов по лимбу и верньеру буссоли БГ-1

Верньер представляет собой равномерную шкалу штрихов, нанесенную на алидаду вдоль ее края. Штрихи пронумерованы числами, кратными  $5'$ , каждый третий подписан. Пользуясь такой оцифровкой, сначала на лимбе (рис. 7.5) находят ближайший к нулю верньера младший градусный штрих –  $165^\circ$ , затем на шкале верньера находят штрих, совпадающий с каким-либо штрихом лимба, и по его цифровому значению отсчитывают значения минут –  $40'$ . Полный отсчет состоит из градусов лимба и минут верньера –  $165^\circ 40'$ .

## Лабораторная работа № 8

# ЧТЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ

*Цель лабораторной работы:* изучить методику и технологию проведения процесса чтения топографической карты; определить количественные и качественные характеристики топографической карты; составить топографическое описание местности по выданной топографической карте.

*Обеспечивающие средства:* линейка с миллиметровыми делениями, циркуль-измеритель, металлическая масштабная линейка (ЛПМ-1), топографическая карта, альбом условных знаков, рабочая тетрадь.

### Общие сведения

Топографические карты отражают современное с их изучением состояние местности с той полнотой и детальностью, которая определяется масштабом карты. Они являются основным материалом для построения других карт различного назначения, поскольку являются картографическим изображением с максимальным подробным отображением всей имеющейся на поверхности Земли ситуации в зависимости от масштаба карты.

*Чтение топографической карты* – процесс зрительного восприятия и осмысливания картографического изображения и получение из него целостного представления о местности.

Для того чтобы составить по карте описание местности, необходимо стремиться не только прочесть по обозначениям отдельные свойства ее элементов, но и, сопоставив их, выявить связи этих элементов между собой и особенности местности в целом.

Последовательность и степень подробности описания местности определяется конкретными задачами, поставленными перед исследователем. Поскольку карта несет отобранное, генерализованное, смысловое содержание, то и чтение ее производится по принципу отделения главного от второстепенного. Основной принцип описания – от общего к частному.

Чтение топографической карты строится по следующей схеме:

- 1) данные о карте;
- 2) описание границы участка местности;
- 3) населенные пункты;

- 4) пути сообщения;
- 5) гидрографическая сеть;
- 6) характеристика рельефа;
- 7) почвенно-растительный покров.

### **Задание**

Составить описание местности по учебной топографической карте, выданной преподавателем.

### **Порядок выполнения работы**

Результаты описания местности по учебной топографической карте необходимо свести в таблицу, приведенную в прил. А.

Характеристика учебной топографической карты начинается с установления ее данных – номенклатуры, численного и именованного масштабов, года издания. Номенклатурное обозначение карты указывается в ее верхней части посередине. С учетом номенклатуры или с использованием координатной километровой сетки необходимо определить численный масштаб карты, на основе которого устанавливается именованный масштаб. Год издания указывается в юго-восточном углу карты.

По градусной рамке определяются географические широта и долгота рамок карты, а по координатной километровой сетке – прямоугольные координаты.

После установления данных карты приступают к характеристике местности.

При характеристике населенных пунктов следует выявить их тип, административное значение, численность населения, особенности размещения и планировки, а также хозяйственное и культурное значение, месторасположение на карте, связь с дорожной сетью.

К путям сообщения относятся железные, шоссейные и другие дороги. Описывая железные дороги, необходимо указать количество путей, направление и название станций, которые она связывает. Характеризуя шоссейные и другие дороги, определяют тип дороги и покрытия, ширину проезжей части и земляного полотна.

При описании рек надо указать название, направление и скорость их течения, ширину и глубину русла, высоту урезов, строение русла (наличие островов, рукавов, стариц), судоходность, наличие гидротехнических сооружений, а также мостов, паромов, бродов и их технические данные.

Характеризуя озера, обратить внимание на их конфигурацию, глубину, урез воды, относительную «густоту» озер на описываемой территории, особенности их расположения (одиночно, группами, цепочками и т. д.), связь с рельефом и речной сетью.

При описании болот показать зависимость их местоположения от характера рельефа, а также степень проходимости, площадь, глубину.

Описывая рельеф, в первую очередь устанавливают высоту его сечения, затем определяют общий характер и основные формы рельефа, имеющиеся на карте, наибольшие и наименьшие высоты данного участка, их расположение, название, наличие оврагов, обрывов, промоин с указанием их протяженности и глубины, антропогенные формы рельефа – карьеры, насыпи, выемки, курганы и т. п.).

Заканчивая характеризовать местность, необходимо определить виды растительности, дать их количественную и качественную характеристики, показать зависимость размещения растений от рельефа и гидрологической сети. При описании лесов дается их видовой состав по породам, указывается высота и толщина деревьев, среднее расстояние между ними. Кустарниковую растительность описывают отдельно в том случае, если она образует крупные массивы. Характеризуя луга, определяется их тип и приуроченность к элементам рельефа.

Выполняя описание местности необходимо выявить характер и размещение хозяйственных и культурных объектов, а также степень сельскохозяйственной освоенности территории и картину размещения главных видов угодий (пашен, сенокосов, садов и т. д.) в связи с природными условиями.

## Лабораторная работа № 9

# ИЗМЕРЕНИЕ ПРЕВЫШЕНИЙ. УСТРОЙСТВО НИВЕЛИРА С ЦИЛИНДРИЧЕСКИМ УРОВНЕМ

*Цель лабораторной работы:* ознакомиться с назначением и устройством нивелира с уровнем, изучить и усвоить методику и технологию нивелирования земной поверхности способом «из середины» и технику вычисления превышений, освоить методику записи результатов измерений в журнале и их вычислительную обработку.

*Обеспечивающие средства:* нивелир с уровнем (Н-3), нивелирные рейки РН-3, журнал технического нивелирования, калькулятор, линейка с миллиметровыми делениями, циркуль-измеритель, металлическая масштабная линейка (ЛПМ-1), калька, рабочая тетрадь, чертежная бумага.

### Общие сведения

*Нивелированием* называется процесс измерения превышений с целью определения высот точек. При нивелировании значения высот передают от исходных точек с известными высотами на точки, высоты которых надо определить.

*Геометрическое нивелирование* – метод определения превышений путем взятия отсчетов по вертикальным рейкам при горизонтальном луче визирования. Геометрическое нивелирование является одним из самых точных методов нивелирования. Его выполняют, используя нивелир и нивелирные рейки.

Отсчеты берут по шкалам вертикально устанавливаемых нивелирных реек.

Геометрическое нивелирование выполняют двумя способами – «из середины» и «вперед».

*Нивелирование из «середины»* – основной способ геометрического нивелирования (рис. 9.1).

Для измерения превышения точки *B* над точкой *A* нивелир устанавливают в середине между точками (как правило, на равных расстояниях) и приводят его визирную ось в горизонтальное положение. На точках *A* и *B* устанавливают нивелирные рейки. Берут

отсчет  $a$  по задней рейке и отсчет  $b$  по передней. Превышение вычисляют по формуле

$$h = a - b = 3 - \text{П.} \quad (9.1)$$

Обычно для контроля превышение измеряют дважды – по черным и красным сторонам реек. За окончательный результат принимают среднее.

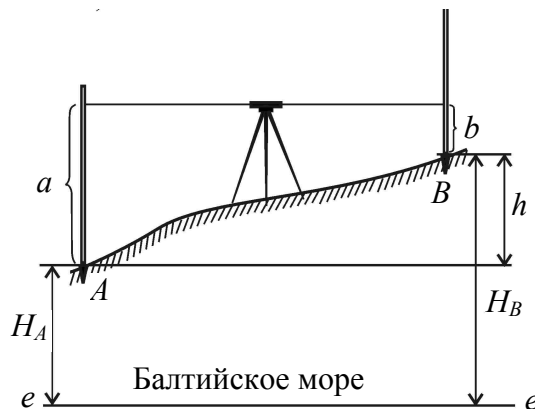


Рис. 9.1. Нивелирование «из середины»

При изыскании линейных сооружений производят нивелирование их трасс, выполняемое способом геометрического нивелирования «из середины». Результаты измерения заносятся в «Журнал технического нивелирования». После обработки полевых данных составляется продольный профиль земной поверхности.

По материалам полевых нивелирных работ может быть составлен крупномасштабный план участка местности, на котором рельеф земной поверхности изображен горизонталями. Для составления плана местности с горизонталями используется метод нивелирования поверхности по квадратам. При этом методе плановое положение контуров и высотных точек местности определяется методами горизонтальной съемки, а отметки – геометрическим нивелированием.

### Задания

**Задание 1.** Изучить назначение и устройство нивелира с уровнем, ознакомиться и усвоить методику и технологию нивелирования земной поверхности способом «из середины» и технику вычисления превышений, измерить на местности превышение между двумя точками. Результаты измерений оформить в виде таблицы.

### Данные измерения превышений

Номер станции	Пикеты, реперы и промежуточные точки	Отсчеты по рейке, мм		Превышения $h', h''$ , мм	Среднее превышение $h_{\text{ср}}$ , мм	Абсолютные отметки $H$ , м
		задней $З$	передней $П$			
1	<i>A</i>					<i>H</i>
	<i>B</i>					

**Задание 2.** Выполнить обработку данных технического нивелирования, полученных в результате проложения нивелирного хода через опорные станции тахеометрической съемки. Расчеты выполнить в «Журнале технического нивелирования» (прил. В). Результаты расчетов будут использованы в лабораторной работе № 13.

**Задание 3.** По материалам нивелирования поверхности по квадратам и съемки ситуации составить топографический план в масштабе 1:1000. Провести горизонтали с высотой сечений рельефа 1 м.

### Порядок выполнения работы

**Задание 1.** Нивелир – прибор, в котором визирный луч приводится в горизонтальное положение. На рис. 9.2 представлен нивелир с цилиндрическим уровнем, приводимым для измерений вместе со зрительной трубой в горизонтальное положение вручную.

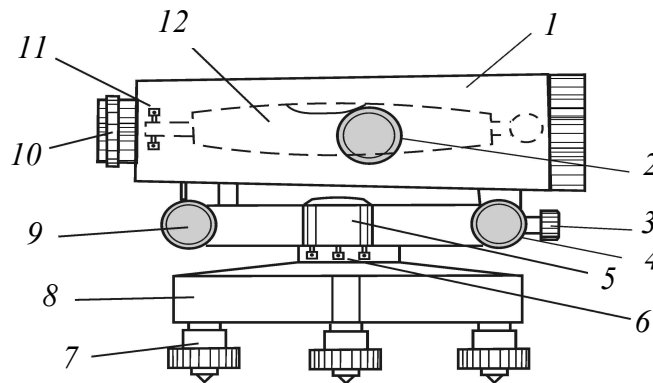


Рис. 9.2. Нивелир с уровнем:

- 1 – зрительная труба; 2 – фокусирующий винт зрительной трубы;
- 3 – закрепительный винт; 4 – наводящий винт; 5 – круглый уровень;
- 6 – исправительные винты круглого уровня; 7 – подъемные винты;
- 8 – подставка; 9 – элевационный винт; 10 – окуляр с диоптрийным кольцом для фокусировки трубы по глазу; 11 – исправительные винты цилиндрического уровня; 12 – цилиндрический уровень

Для определения превышения между точками  $A$  и  $B$  способом геометрического нивелирования «из середины» над исходной (задней) точкой  $A$  и определяемой (передней) точкой  $B$  устанавливаются отвесно нивелирные рейки. Нивелир устанавливают посередине между точками. Прибор горизонтируют по круглому уровню, вращая подъемные винты подставки. С помощью элевационного винта и цилиндрического уровня приводят визирную ось зрительной трубы в горизонтальное положение. Зрительную трубу нивелира наводят на рейку, установленную на задней точке, и снимают отсчет по черной и красной сторонам рейки –  $З_ч$  и  $З_к$ . После этого зрительную трубу направляют на рейку, установленную на передней точке, и также снимают отсчет по черной и красной сторонам рейки –  $П_ч$  и  $П_к$ . Полученные отсчеты фиксируют в журнале технического нивелирования.

Отсчет по рейке представляет собой отсчитанное деление рейки сверху вниз (рис. 9.3) относительно среднего горизонтального штриха визирной сетки.

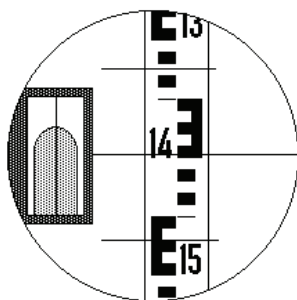


Рис. 9.3. Поле зрения зрительной трубы нивелира с обратным изображением (отсчет по рейке равен 1449 мм)

Превышение между точками  $h$  вычисляют как разность заднего и переднего отсчетов:

$$h' = З_ч - П_ч; \quad (9.2)$$

$$h'' = З_к - П_к. \quad (9.3)$$

В журнале оценивается допустимость расхождения превышений:

$$\Delta h = h' - h'' \leq \pm 5 \text{ мм}. \quad (9.4)$$

Если данное условие не соблюдается, то визирование и отсчеты по рейкам повторяют.

На станции выполняют расчет среднего превышения:

$$h_{\text{ср}} = \frac{h' + h''}{2}. \quad (9.5)$$



**Задание 2.** В журнале технического нивелирования нивелирного хода, проложенного через опорные точки тахеометрической съемки, указаны величины отсчетов по задней и передней рейкам. На основе имеющихся данных необходимо определить абсолютные отметки станций ТТ 1 и ТТ 2.

Вычислительная обработка данных нивелирования сводится к выполнению действий в следующей последовательности.

1. Рассчитывают и записывают превышения ( $h$ ). Вычисление превышений выполняется по формулам (9.2)–(9.5).

2. Выполняют постраничный контроль. Внизу каждой страницы записывают:

$\Sigma Z$  – сумму всех величин отсчетов, указанных в графе «Отсчет по рейкам – задней»;

$\Sigma П$  – сумму всех величин отсчетов, указанных в графе «Отсчет по рейкам – передней»;

$\Sigma h_{\text{ср}}$  – сумму всех вычисленных превышений с учетом знака, указанных в графе «Средние превышения».

Для выполнения постраничного контроля вычисляется равенство

$$\frac{\Sigma Z - \Sigma П}{2} = \Sigma h_{\text{ср}}. \quad (9.6)$$

Если равенство не соблюдается, то все величины  $\Sigma Z$ ,  $\Sigma П$  и  $\Sigma h_{\text{ср}}$  необходимо проверить.

3. В соответствии с вариантом в графу журнала «Отметки  $H$ » записывают высоты исходных пунктов полигонометрии ПП 34 и ПП 35 (прил. Г).

4. Для проложенного хода определяют и указывают внизу страницы журнала фактическую невязку превышений и ее допустимую невязку в миллиметрах, которые вычисляются по формулам:

$$f_h = \Sigma h_{\text{ср}} - \Sigma h_{\text{теор}} = \Sigma h_{\text{ср}} - (H_{\text{кон}} - H_{\text{нач}}); \quad (9.7)$$

$$f_{h \text{ доп}} = 10\sqrt{n}, \quad (9.8)$$

где  $H_{\text{кон}}$ ,  $H_{\text{нач}}$  – отметки соответственно конечного и начального реперов, мм;  $n$  – число станций в ходе.

Для продолжения вычислений в журнале необходимо, чтобы между вычисленными невязками выполнялось неравенство

$$f_h \leq f_{h \text{ доп}} \quad (9.9)$$

Выполнение данного неравенства свидетельствует о том, что измерение превышений в ходе выполнено с требуемой точностью и не превышает допустимого значения.

5. Уравнивание средних превышений. Суть данного этапа заключаются в том, что величины средних превышений исправляются поправками, которые устраняют фактическую невязку. Для этого сначала определяют предварительную среднюю величину поправок

$$v_{h,i} = \frac{-f_h}{n}, \quad (9.10)$$

причем знак поправки должен быть противоположным знаку невязки.

Затем отдельные поправки  $v_{h,i}$  записывают над значениями  $h_{\text{ср}}$  в журнале нивелирования с тремя условиями:

- уравненные превышения не должны содержать доли миллиметра;
- по величине поправки  $v_{h,i}$  могут различаться до 1–2 мм;
- сумма поправок должна равняться невязке с обратным знаком, т. е.

$$\sum v_{h,i} = -f_h. \quad (9.11)$$

Уравненные превышения рассчитывают по формуле

$$h_i = h_{\text{ср},i} + v_{h,i}. \quad (9.12)$$

6. Вычисляют отметки ( $H$ ) связующих точек:

$$H_{i+1} = H_i + h_i. \quad (9.13)$$

При выполнении вычислений уравненные превышения учитывают в метрах, при этом отметка  $H_{i+1}$  следующей по ходу точки равна отметке предыдущей  $H_i$  точки плюс уравненное превышение  $h_i$  между ними.

Определение отметок связующих точек осуществляется с контролем по отметке конечного репера хода. При невыполнении контроля возможны ошибки при вычислении отметок связующих точек, в величине и знаке поправок  $v_{h,i}$ , в вычислении уравненных превышений  $h_i$ .

*Задание 3.* На местности сетка квадратов со стороной 40 м была обозначена высокими (выше травы) деревянными колышками, забитыми неглубоко в землю в вершинах квадратов.

Задание выполняется в следующей последовательности.

1. На листе чертежной бумаги формата А4 чертят сетку, показанную на рис. 9.4, в заданном масштабе и у вершин квадратов подписывают отсчеты по рейке (м), полученные со станции I.

2. Находят значения горизонта инструмента (горизонта прибора):

$$\text{ГИ}^I = H_I + a_I; \quad (9.14)$$

$$\text{ГИ}^{\text{II}} = H_{\text{II}} + a_{\text{II}}; \quad (9.15)$$

$$\text{ГИ}_{\text{ср}} = \frac{(\text{ГИ}^I + \text{ГИ}^{\text{II}})}{2}, \quad (9.16)$$

где  $H_I$ ,  $H_{\text{II}}$  – отметки точек I и II, взятые в соответствии с вариантом из таблицы прил. Б;  $a_I$ ,  $a_{\text{II}}$  – отсчеты по нивелирным рейкам, поставленным на точках I и II (рис. 9.4).

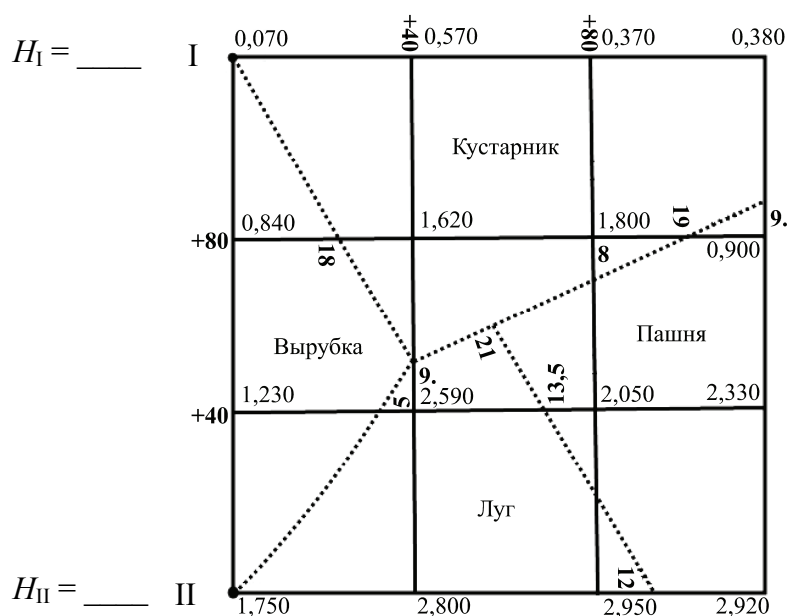


Рис. 9.4. Схема сетки квадратов, отсчеты по рейкам и абрис съемки

Несовпадение величин  $\text{ГИ}^I$  и  $\text{ГИ}^{\text{II}}$  допускается до 0,010 м, среднее значение  $\text{ГИ}_{\text{ср}}$  записывается на составляемом плане участка.

3. Определяют отметки вершин квадратов по формуле

$$H_i = \text{ГИ}_{\text{ср}} - a_i, \quad (9.17)$$

где  $a_i$  – отсчеты по нивелирной рейке для вершин квадратов, выраженные в метрах. Вычисленные отметки указываются на составляемом плане юго-восточнее вершин квадратов.

4. Для проведения на плане горизонталей изготавливают палетку с параллельными линиями. На листе восковки или кальки размером 10×10 см проводят параллельные линии через 1 см. Каждую линию подписывают отметками горизонталей через 1 м снизу

вверх. Если минимальная отметка на плане равна 54,726 м, то отбрасываем дробную часть этого числа и записываем 54 м (рис. 9.5, а).

5. С помощью палетки на сторонах квадратов намечают следы горизонталей. Затем проводят горизонтали – плавные тонкие линии, которыми изображается рельеф местности на топографических материалах.

Для нахождения следов горизонталей палетку кладут на план так, чтобы точка *A* располагалась между линиями согласно подписанной отметке 54,8 м (рис. 9.5, б). Палетку прижимают к плану в точке *A* заостренным предметом (можно карандашом) и вращают до положения, при котором точка *B* займет место, соответствующее ее отметке 59,3 м. Точки пересечения линии *AB* линиями палетки переносят на план и помечают цифрами подписей палетки. Аналогично находят следы горизонталей между остальными парами точек (вершинами квадратов) на абрисе. Через следы одноименных горизонталей проводят плавные линии – искомые горизонтали.

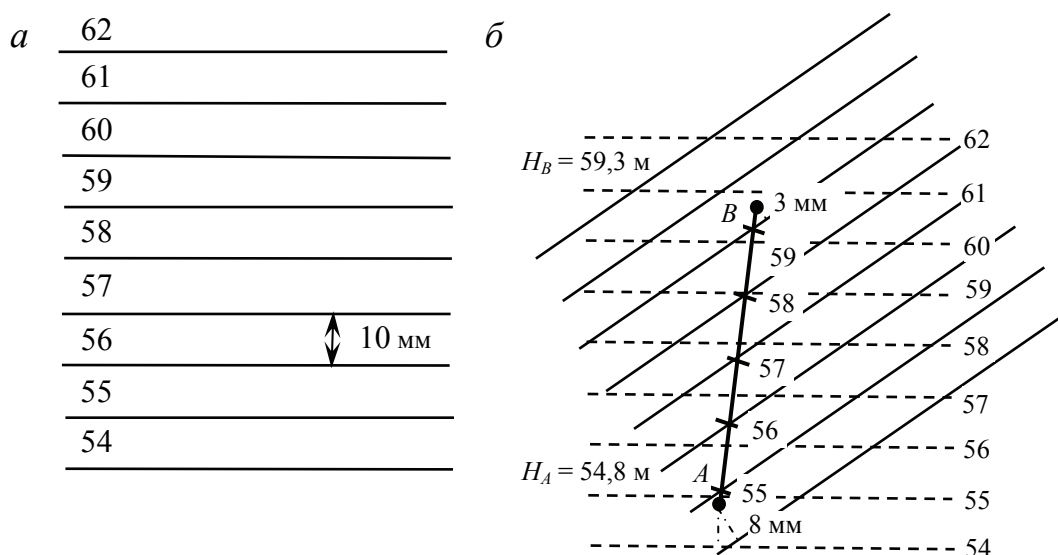


Рис. 9.5. Палетка из параллельных линий (а) и ее применение (б)

6. Наносят на план ситуацию по привязкам к вершинам сетки квадратов (рис. 9.4).

7. Преподаватель проверяет составленный карандашом план, и после исправлений его вычерчивают тушью в соответствии с условными топографическими знаками (табл. на с. 33–34 или в [4]). Отметки подписывают черной тушью только для пунктов, расположенных по контуру участка съемки. Коричневой тушью вычер-

чивают горизонтали и цифровые значения их высоты. Обычные горизонтали проводят толщиной 0,1–0,15 мм, утолщенные – 0,3 мм. В разрыве утолщенных горизонталей в одном-двух местах плана подписывают их отметки, а основание цифр располагают в сторону понижения рельефа. Бергштрихи длиной не более 1 мм направляют также в сторону понижения рельефа.

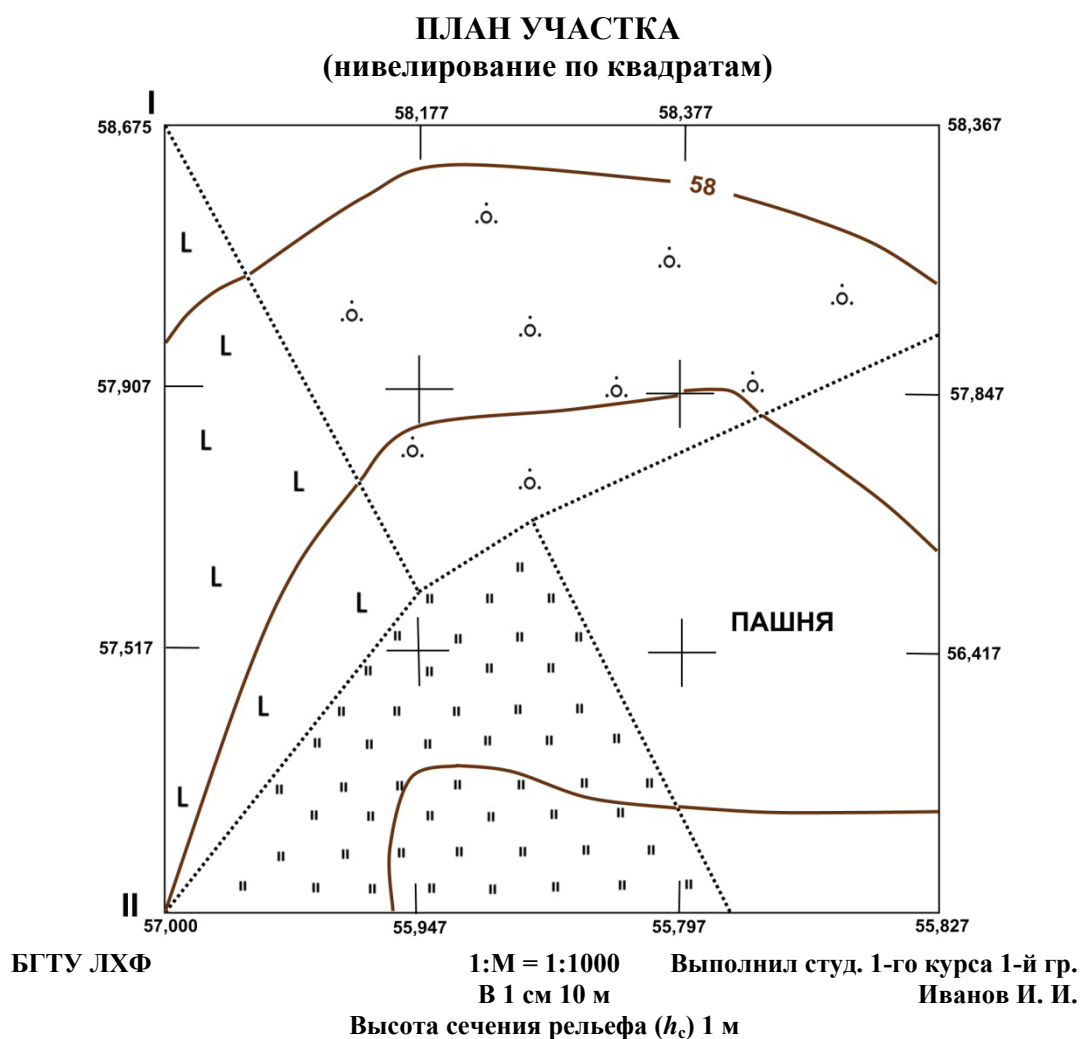


Рис. 9.6. Пример оформления плана участка по квадратам

Составленный план участка местности по данным нивелирования поверхности по квадратам оформляют по образцу, показанному на рис. 9.6.

# Лабораторная работа № 10

## ИЗМЕРЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ И ВЕРТИКАЛЬНЫХ УГЛОВ, РАССТОЯНИЙ. УСТРОЙСТВО ТЕОДОЛИТА

*Цель лабораторной работы:* ознакомиться с назначением и устройством теодолита 2Т-30, изучить и усвоить методику и технологию измерения горизонтальных и вертикальных углов теодолитом.

*Обеспечивающие средства:* теодолит 2Т-30, нивелирные рейки РН-3, калькулятор, рабочая тетрадь.

### Общие сведения

*Теодолит* – геодезический прибор, предназначенный для измерения горизонтальных и вертикальных углов, магнитных азимутов и расстояний по нитяному дальномеру (рис. 10.1).

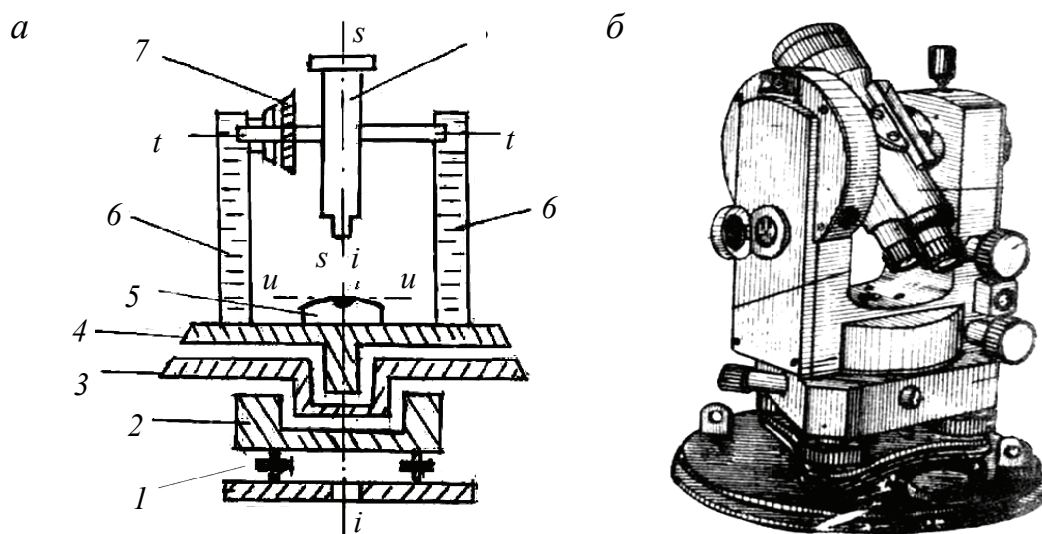


Рис. 10.1. Принципиальная схема (а) и общий вид (б) теодолита 2Т-30:

1 – подъемный винт (3 шт.); 2 – подставка; 3 – лимб; 4 – алидада;  
5 – цилиндрический уровень; 6 – колонна; 7 – вертикальный круг;  
8 – зрительная труба

Теодолит имеет следующие основные оси:

– основная ось (ось вращения) теодолита  $ii$  – линия, перпендикулярная к горизонтальному кругу и проходящая через его центр;

- визирная ось  $ss$  – воображаемая прямая, соединяющая пересечение нитей сетки и оптический центр объектива;
- ось цилиндрического уровня  $ии$  – касательная к внутренней поверхности ампулы уровня в нульпункте (нульпункт уровня – наивысшая точка внутренней сферической поверхности ампулы, середина делений, нанесенных на ампуле);
- ось вращения трубы  $tt$  – линия, вокруг которой вращается зрительная труба в вертикальной плоскости.

### **Задание**

Изучить назначение и устройство теодолита 2Т-30, ознакомиться и усвоить методику и технологию измерения теодолитом горизонтальных и вертикальных углов и расстояний. Измерить на местности горизонтальный угол, вычислить угол наклона и расстояние. Результаты измерений оформить по предлагаемым примерам.

### **Порядок выполнения работы**

При выполнении работ с теодолитом его устанавливают на станции (вершина измеряемого угла, начальная точка измеряемой линии и т. д.). Для этого сначала ставят штатив так, чтобы центр головки был примерно над нужной точкой, а плоскость головки – горизонтальна. Только после этого к штативу прикрепляют теодолит и приводят его в рабочее положение.

*Приведение прибора в рабочее положение.* Установка теодолита в рабочее положение состоит из центрирования прибора, горизонтирования его и фокусирования зрительной трубы.

Центрирование – установка вертикальной оси прибора над вершиной измеряемого угла. Выполняют с помощью отвеса.

Горизонтирование – приведение вертикальной оси прибора в отвесное положение. Выполняется с помощью цилиндрического уровня на алидаде.

Фокусирование зрительной трубы заключается в отчетливой видимости сетки нитей и объектов местности. Выполняется вращением окуляра зрительной трубы и фокусирующего винта зрительной трубы.

*Измерение горизонтального угла.* Измерение горизонтального угла выполняют способом приемов. Прием состоит из двух полуприемов – КЛ (круг лево) и КП (круг право). Работу начинают с установки теодолита над центром знака (например, колышка), закрепляющим вершину угла.

Программа измерения правого по ходу горизонтального угла способом приемов:

1) закрепляют горизонтальный круг теодолита на весь цикл действий при первом полуприеме;

2) отпускают зажимной винт верхней (алидадной) части теодолита и зажимной винт зрительной трубы, визируют на заднюю вешку, зажимают оба этих винта, окончательно наводят центр визирной сетки на низ вешки, берут отсчет по горизонтальному кругу и записывают его величину –  $3'$ .

У теодолита 2Т-30 отсчетный микроскоп шкаловый. В верхней части поля зрения микроскопа, обозначенного буквой В (рис. 10.2), видны штрихи лимба вертикального круга и штрихи отсчетной шкалы, а в нижней части, обозначенной буквой Г, – штрихи лимба горизонтального круга и штрихи отсчетной шкалы.

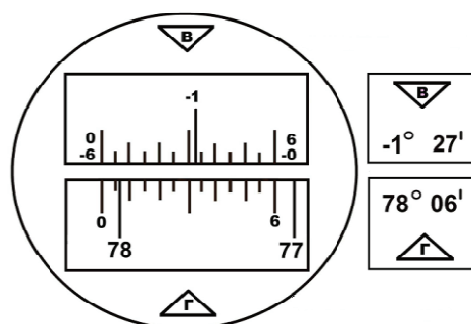


Рис. 10.2. Поле зрения отсчетного микроскопа технического теодолита 2Т-30

На обоих кругах нанесены только градусные штрихи. Каждый градусный штрих подписан. Цена деления лимбов составляет  $1^{\circ}$ . На алидаде кругов нанесены отсчетные шкалы с ценой деления  $5'$ . Эти шкалы выведены в поле зрения микроскопа. Начальное деление шкалы горизонтального круга обозначено цифрой 0, а конечное – цифрой 6, что означает  $60'$ .

Отсчет по горизонтальному кругу производится в следующем порядке. Сначала считывается с лимба число градусов (по штриху лимба, попадающего на отчетную шкалу), а затем по отсчетной шкале, считывают минуты слева направо от нуля с точностью до  $1'$ , учитывая, что одно деление шкалы равно  $5'$ . Индексом для отсчитывания минут служит штрих градусного деления лимба, находящийся на отсчетной шкале. В нашем случае, отсчет по горизонтальному кругу равен  $78^{\circ}06'$  (рис. 10.2).



Аналогично визируют на переднюю вешку, записывают отсчет  $\Pi'$ , потом вычисляют горизонтальный угол по формуле

$$\beta = 3 - \Pi. \quad (10.1)$$

Эти действия составляют первый полуприем измерений;

3) горизонтальный круг поворачивают на  $2-5^\circ$ , делая 1–2 оборота наводящего винта, который закреплен на подставке теодолита, зрительную трубу «переводят через зенит» (этим изменяют рабочее положение теодолита), поворачивают верхнюю часть теодолита зрительной трубой в направлении заднего пункта;

4) повторяют визирование на вешки заднего и переднего пунктов, в той же последовательности (см. п. 2), записывают отсчеты  $3''$  и  $\Pi''$ . Вычисляют угол  $\beta''$ , используя формулу (10.1), чем и завершают второй полуприем измерения горизонтального угла (если  $3 < \Pi$ , то к отсчету 3 добавляют  $360^\circ$ );

5) если разность  $\beta'$  и  $\beta''$  не более  $2'$  (минут), то вычисляют среднее значение горизонтального угла, как среднеарифметическое между двумя полуприемами:  $\beta_{\text{ср}} = (\beta' + \beta'') / 2$ , которое принимается за результат измерения. Таким образом, считается выполненным полный прием измерений горизонтального угла способом приемов.

Результаты измерений горизонтальных углов заносятся в «Журнал измерения горизонтальных углов» (табл. 10.1).

Таблица 10.1

**Журнал измерения горизонтальных углов способом приемов**

Номер станции	Номер точки	Отсчет по горизонтальному кругу	Разность отсчетов: $\beta' = 3' - \Pi'$ ; $\beta'' = 3'' - \Pi''$	Горизонтальный угол $\beta_{\text{ср}}$

*Измерение угла наклона.* Углом наклона называется угол в одной плоскости, составленный линией визирования и горизонтальной плоскостью, проходящей через ось вращения трубы.

Измерение углов наклона происходит при помощи вертикального круга. Углы могут быть положительными и отрицательными в зависимости от расположения трубы (выше или ниже относительно линии горизонта трубы).

Измерение угла происходит как правило при двух положениях трубы – КЛ (круг лево) и КП (круг право). Теодолит приводят в рабочее положение и наводят среднюю горизонтальную нить сетки на нужную цель, например при КП. Производят отсчет по вертикальному кругу и записывают его в журнал (табл. 10.2).

Таблица 10.2

**Журнал измерения углов наклона**

Номер станции	Номер точки	Отсчеты по вертикальному кругу		МО	Угол наклона
		КП	КЛ		

При снятии отсчетов по вертикальному кругу число градусов считывается так же, как и по горизонтальному кругу. При этом градусные деления вертикального круга имеют знаки либо «+», либо «-» (рис. 10.2). Если в пределах шкалы находится штрих лимба без знака, то на шкале отсчет минут ведется по верхнему ряду цифр (слева направо) – от 0 до штриха градусного деления лимба, находящегося на отсчетной шкале, с точностью до 1' и с учетом того, что одно деление шкалы равно 5'. Полный отсчет записывается со знаком «+». По нижнему ряду цифр отсчет ведется в том случае (справа налево), когда в пределах шкалы находится штрих лимба со знаком «-» – от -0 до штриха градусного деления лимба, находящегося на отсчетной шкале, с точностью до 1' и с учетом того, что одно деление шкалы равно 5'. Отсчет записывается со знаком «-». В нашем случае отсчет по вертикальному кругу равен  $-1^{\circ}27'$ .

Переводят зрительную трубу через зенит и выполняют аналогичные действия при другом положении вертикального круга (при КЛ). Отсчет записывают в журнал (табл. 10.2).

Затем вычисляют место нуля (МО) вертикального круга. Для теодолита 2Т-30 *местом нуля* (МО) называется отсчет по вертикальному кругу, когда визирная ось зрительной трубы горизонтальна, а пузырек уровня при горизонтальном круге находится в нульпункте. Место нуля (МО) вычисляется по формуле

$$МО = \frac{Л + П}{2}. \quad (10.2)$$

где Л, П – отсчеты по вертикальному кругу, сделанные соответственно при рабочем положении теодолита КЛ и КП.

Угол наклона вычисляется по формулам:

$$v = Л - МО; \quad (10.3)$$

$$v = МО - П; \quad (10.4)$$

$$v = \frac{Л - П}{2}. \quad (10.5)$$

Контролем правильности измерения углов наклона служит постоянство МО, колебание которого не должно превышать двойной точности отсчета по шкале прибора, т. е.  $2'$ .

*Измерение расстояний.* Оптические дальномеры предназначены для определения расстояний от нескольких десятков до сотен метров. Технический теодолит снабжен простейшим оптическим дальномером, называемым нитяным.

Нитяной дальномер представляет собой зрительную трубу, на сетке нитей которой дополнительно нанесены дальномерные штрихи (рис. 10.3), расположенные симметрично визирной оси.



Рис. 10.3. Определение расстояний по нитяному дальномеру теодолита 2Т-30

Для измерения расстояний теодолит устанавливают в начале измеряемого отрезка, а дальномерную рейку – в конце его. На рейке предварительно отмечают высоту инструмента ( $i$ ) на данной станции (ставят метку или надевают тонкую резинку). Прибор приводят в рабочее положение и наводят центральную горизонтальную нить сетки нитей на метку на рейке. Затем по верхней ( $n_v$ ) и нижней ( $n_n$ ) дальномерным нитям берут отсчеты. В нашем случае  $n_n = 2431$  мм и  $n_v = 2256$  мм (рис. 10.3).

Дальномерное расстояние определяется по формуле

$$D = n \cdot K, \quad (10.6)$$

где  $n$  – разность отсчетов по дальномерным нитям дальномера ( $n = n_n - n_v$ );  $K$  – коэффициент дальномера ( $K = 100$ ).

# Лабораторная работа № 11

## ОБРАБОТКА ЖУРНАЛА ТАХЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

*Цель лабораторной работы:* изучить и усвоить методику и технологию топографической съемки тахеометрическим способом, выполнить камеральную вычислительную обработку данных.

*Обеспечивающие средства:* журнал тахеометрической съемки, инженерный калькулятор, рабочая тетрадь.

### Общие сведения

Съемкой называется процесс геодезических измерений на местности, выполняемых для составления карт и планов. При горизонтальной съемке определяется взаимное положение контуров и объектов – ситуация местности. Если кроме ситуации снимается рельеф местности, то съемка называется топографической.

Тахеометрия (от греч. *tachys* – быстрый и *metreo* – измеряю) в переводе с греческого означает быстрое измерение и является одним из видов топографической съемки.

Тахеометрическая съемка – это такой вид геодезических работ, при котором, пользуясь полярной системой координат, при одной постановке прибора и одном визировании в его зрительную трубу на рейку, находящуюся в снимаемой точке, можно измерить три величины, характеризующие положение снимаемой точки в плане и по высоте, – направление, расстояние и превышение.

Горизонтальное направление (горизонтальный угол  $\beta$ ) на эту точку определяют по лимбу горизонтального круга прибора. Расстояние ( $D$ ) от станции до снимаемой точки измеряют с помощью дальномера. Превышение ( $h$ ) точки над станцией вычисляется по измеренному вертикальному углу и расстоянию  $D$  (рис. 11.1).

Тахеометрическая съемка производится как независимо, так и в сочетании с другими видами работ для получения топографических планов в крупном масштабе на небольших участках местности. Обычно она производится для составления планов в масштабе не мельче 1:5000.

Тахеометрическая съемка, как и другие геодезические съемки, выполняется по принципу перехода от общего к частному.

Тахеометрическая съемка состоит из полевых и камеральных работ.

Полевые работы включают рекогностировку участка (изучение местности с целью выбора метода составления съемочного обоснования и мест закрепления его пунктов), закрепление пунктов съемочного обоснования, установку на станции прибора, с помощью которого осуществляется тахеометрическая съемка, и последовательную установку тахеометрической рейки на характерных пунктах ситуации и рельефа, называемых съемочными пикетами или речными точками. После установки прибора на станции его зрительную трубу наводят на рейку и снимают необходимые отсчеты для определения полярных и высотных координат точек местности.

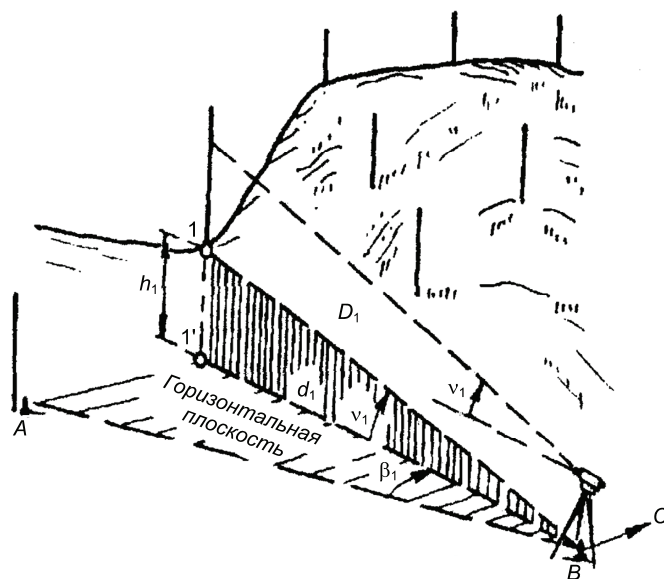


Рис. 11.1. Сущность тахеометрической съемки:

$A, B, C$  – пункты съемочного обоснования;  $\beta_1, d_1, h_1$  – полярные координаты съемочного пикета 1;  $D_1$  – расстояние до съемочного пикета 1;  
 $v_1$  – угол наклона линии  $B-1$

Под станцией (как и при любой съемке) понимается точка местности, над которой сцентрирован (установлен) прибор. Это обычно точка исходного съемочного топографического обоснования или дополнительная съемочная точка.

В процессе съемки заполняется журнал тахеометрической съемки и составляется абрис, именуемый *кроки*.

Камеральные работы сводятся к обработке полевых данных и заключаются в вычислении прямоугольных координат пунктов съемочного обоснования, полярных координат и отметок съемочных пикетов, нанесении их на план, изображении ситуации, прорисовке

горизонталей и вычерчивании плана участка местности условными топографическими знаками.

Тахеометрическая съемка выполняется теодолитами или тахеометрами с использованием тахеометрических или нивелирных реек.

Съемочным планово-высотным обоснованием для тахеометрической съемки служат теодолитно-нивелирные, теодолитно-высотные и теодолитно-тахеометрические ходы, которые, если представляется возможность, привязывают в плановом и высотном отношении к пунктам разных классов триангуляции, полигонометрии геодезических сетей местного значения 1-го и 2-го разрядов, а также к реперам технического нивелирования.

При тахеометрической съемке выделяют два вида точек: *станцию* – точку съемочного обоснования, над которой центрируется прибор, использующийся для тахеометрической съемки; *реечную точку (съемочный пикет)* – точку, предназначенную для съемки ситуации и рельефа местности, на которую устанавливают тахеометрическую или нивелирную рейку.

Все станции на местности отмечаются (рис. 11.2), съемочные пикеты не отмечаются.

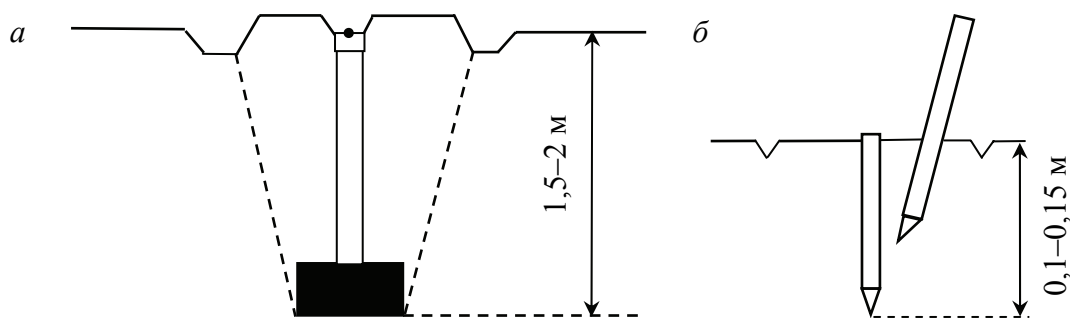


Рис. 11.2. Закрепление на местности пунктов съемочного обоснования:  
а – пункт полигонометрии; б – теодолитная точка

Станции выбираются по возможности на открытом месте, с них должны быть непосредственно видны все детали, подлежащие съемке.

Особенное значение при тахеометрической съемке имеет правильный выбор пикетов. С каждой станции хода полярным способом снимают реечные точки; при этом вначале определяют те из них, по которым можно построить на плане контуры ситуации, потом снимают высотные точки, необходимые для изображения рельефа горизонталями.

При тахеометрической съемке ведется журнал, в котором указываются результаты измерения горизонтальных и вертикальных

углов, расстояний и превышений между точками съемочного обоснования и добавляются результаты наблюдений пикетов на каждой станции. В графе примечаний делаются зарисовки и пометки, характеризующие снимаемую местность.

### Задание

Выполнить вычислительную обработку данных тахеометрической съемки. В результате вычислений необходимо определить: 1) горизонтальные углы ( $\beta$ ) между сторонами опорного теодолитного хода; 2) горизонтальное проложение линий ( $d$ ) от пунктов съемочного обоснования до пикета; 3) превышение пикета ( $h$ ) относительно отметки станции  $H_{ст}$ ; 4) отметку съемочных пикетов  $H_{сп}$ . Результаты расчетов занести в «Журнал тахеометрической съемки».

### Порядок выполнения работы

Тахеометрическая съемка производилась относительно пунктов съемочного обоснования, представленных пунктами полигонометрии ПП 34 и ПП 35 и вершинами теодолитного хода ТТ 1 и ТТ 2 (рис. 11.3).

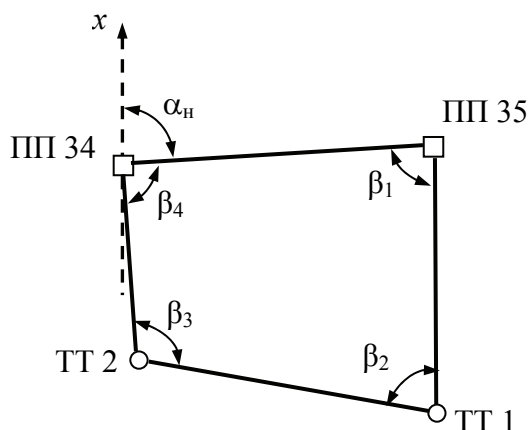


Рис. 11.3. Схема планово-съемочного обоснования

При проведении тахеометрической съемки со станции ТТ 1 нивелирную рейку последовательно ставят на точки местности 1, 2, 3, ... и каждый раз при помощи теодолита определяют их полярные координаты: горизонтальный угол  $\beta$ , отсчитанный от направления ТТ 1–ПП 35, расстояние до рейки  $d$  и превышение  $h$ , для вычисления которых берутся отсчеты по нитяному дальномеру и по угломерным кругам теодолита. Значения названных отсчетов записывают в журнал тахеометрической съемки. На абрисе (рис. 11.4)

приблизненно изображают контуры ситуации, отмечая точкой с номером положение каждого съемочного пикета, указывают названия объектов и др.

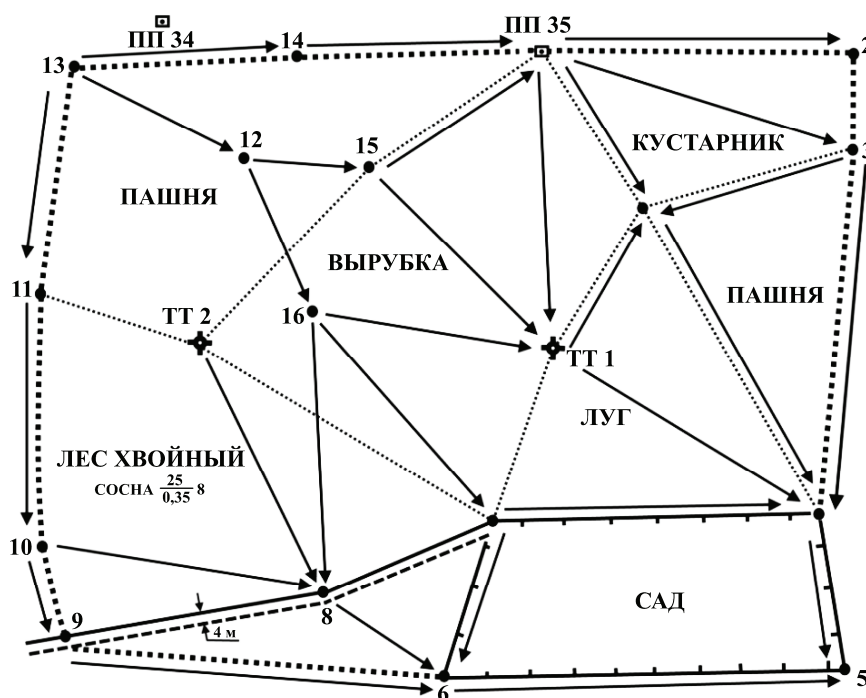


Рис. 11.4. Абрис тахеометрической съемки

Вычислительная обработка журнала тахеометрической съемки осуществляется в следующей последовательности: вычисление горизонтальных углов между сторонами опорного теодолитного хода; вычисление углов наклона; вычисление превышений и горизонтальных проложений; вычисление отметок съемочных пикетов.

*Вычисление горизонтальных углов.* В столбце 5 журнала тахеометрической съемки (прил. Д) приведены значения отсчетов по горизонтальному кругу для направлений на задний и передний по ходу пункты съемочного обоснования. Например, при установке теодолита над пунктом ПП 35 (станция ПП 35) при визировании на заднюю точку ПП 34 при положении вертикального круга КП (первая строка на станции ПП 35) отсчет по горизонтальному кругу  $Z = 178^{\circ}44'$ , а при визировании на переднюю точку ТТ 1 отсчет  $\Pi = 93^{\circ}43'$ . Горизонтальный угол вычисляется по формуле

$$\beta = Z - \Pi. \quad (11.1)$$

При полуприеме КП горизонтальный угол равен  $\beta'_1 = 88^{\circ}01'$  (результат записывается в столбце 13).



При втором полуприеме, выполняемом при положении КЛ, получены отсчеты  $З = 0^{\circ}00'$  и  $П = 272^{\circ}00'$ . Горизонтальный угол вычисляется по формуле (11.1). Второе значение угла на станции ПП 35  $\beta''_1 = 88^{\circ}00'$  (результат записывается в столбце 13).

При измерении горизонтальных углов между сторонами планово-съёмочного обоснования при тахеометрической съёмке требования к точности вычисления углов такие же, как и при проведении теодолитной съёмки, допустимое расхождение между измеренными значениями горизонтальных углов не должно составлять более  $2t$ , где  $t$  – точность отсчетного приспособления. Тахеометрическую съёмку в нашем случае проводят с помощью теодолита 2Т-30:  $t = 1'$ . Расхождение между полуприемами на станции ПП 35 составляет  $\Delta = \beta'_1 - \beta''_1 = 1'$ , допустимое расхождение выполняется.

На станции ПП 35 вычисляют среднее значение горизонтального угла как среднеарифметическое между двумя полуприемами:  $\beta_1 = 88^{\circ}00,5'$ , оно принимается за результат измерения и его записывают в столбце 13.

Аналогично вычисляются углы  $\beta_2$ ,  $\beta_3$  и  $\beta_4$  в вершинах ТТ 1, ТТ 2 и ПП 34 планово-съёмочного обоснования.

*Вычисление углов наклона.* Для каждой станции после центрирования и горизонтирования прибора вычисляют место нуля (МО) вертикального круга.

*Место нуля (МО)* – отсчет по вертикальному кругу при горизонтальном положении визирной оси зрительной трубы и оси цилиндрического уровня при вертикальном круге.

В хорошо отъюстированном теодолите МО близко или равно  $0^{\circ}00'$  и может приниматься равным  $360^{\circ}$ .

Место нуля (МО) вычисляют по отсчетам, полученным при визировании зрительной трубой теодолита на одну и ту же точку при положении КП и КЛ.

Формулы для вычисления МО зависят от угловой длины рабочей шкалы вертикального круга теодолита. Угловая шкала на вертикальном круге может быть круговой – деления подписаны от 0 до  $360^{\circ}$  (теодолит Т-30), или секторной – от 0 до  $+90^{\circ}$  и от 0 до  $-90^{\circ}$  (теодолиты 2Т-30, 2Т-30П).

Для теодолита 2Т-30 (2Т-30П) МО вычисляют по формуле

$$МО = \frac{Л + П}{2}, \quad (11.2)$$

где Л, П – отсчеты по вертикальному кругу, сделанные соответственно при рабочем положении теодолита КЛ и КП.

Значение МО записывают в подзаголовке станции.

Угол наклона вычисляют по формуле

$$v = Л - МО. \quad (11.3)$$

Вычисленное значение угла наклона указывается в столбце 7 со знаком «+» или «-».

*Вычисление превышений и горизонтальных проложений.* Если наклонное расстояние  $D$  измерено нитяным дальномером, как в нашем случае, то горизонтальное проложение  $d$  и превышения  $h$  вычисляют по формулам:

$$d = D \cdot \cos^2 v; \quad (11.4)$$

$$h = h' + (i - v); \quad (11.5)$$

$$h' = d \cdot \operatorname{tg} v, \quad (11.6)$$

где  $d$  – горизонтальное проложение, м;  $D$  – наклонное расстояние от станции до рейки, определенное по нитяному дальномеру, м;  $v$  – угол наклона, град;  $h$  – превышение, м;  $i$  – высота прибора на станции, м;  $v$  – высота наведения, т. е. отсчет по рейке, на который наводился центр сетки нитей зрительной трубы теодолита для того, чтобы снять отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам, м.

Вычисления можно выполнять при помощи инженерного калькулятора или персонального компьютера.

Результаты вычислений  $d$ ,  $h'$ ,  $h$  округляют до 0,01 м.

Значение  $d$  записывается в журнале тахеометрической съемки в столбце 8, величина  $h'$  – в столбце 9, разность  $i - v$  (высота прибора минус высота наведения) – в столбце 10, превышение  $h$  – в столбце 11.

*Вычисление отметок съемочных пикетов.* Найденные отметки пунктов съемочного обоснования (станций)  $H_{\text{ст}}$  (см. в лабораторной работе № 9 «Журнал технического нивелирования») необходимо занести в журнал тахеометрической съемки в отведенные для этого строки « $H_{\text{ст}} = \underline{\hspace{2cm}}$ », а отметки  $H_{\text{сп}}$  съемочных пикетов записать в столбце 12, вычислив их по формуле

$$H_{\text{сп } i} = H_{\text{ст}} + h_i, \quad (11.7)$$

где  $H_{\text{ст}}$  – отметка данной станции, м;  $h_i$  – полученное с этой станции превышение на съемочный пикет с номером  $i$ , записанное в столбце 11 журнала тахеометрической съемки.

## Лабораторная работа № 12

# ВЫЧИСЛЕНИЕ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ КООРДИНАТ ОПОРНЫХ ПУНКТОВ ТАХЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

*Цель лабораторной работы:* изучить и усвоить методику и технологию камеральной обработки данных теодолитной съемки, вычислить прямоугольные координаты опорных пунктов тахеометрической съемки.

*Обеспечивающие средства:* журнал тахеометрической съемки, ведомость вычисления координат вершин теодолитного хода, инженерный калькулятор, рабочая тетрадь.

### Общие сведения

Для выполнения крупномасштабной топографической съемки производятся полевые геодезические измерения по созданию планового и высотного съемочного обоснования с целью достижения необходимой плотности пунктов геодезических сетей. Основным методом построения планового обоснования является проложение теодолитных ходов с последующим вычислением координат точек. Высотное съемочное обоснование создается методом геометрического нивелирования, для чего определяются отметки высот точек существующего планового съемочного обоснования. Теодолитные ходы представляют собой системы ломаных линий, в которых измеряются горизонтальные углы (правые по ходу или левые) на поворотных точках хода и длины линий между этими точками. При углах наклона линий по отношению к горизонтальной плоскости более  $4^\circ$  измеряются вертикальные углы для введения поправок за наклон линий и вычисляются их горизонтальные проложения. Теодолитные ходы прокладываются между геодезическими пунктами с известными координатами, которые служат исходными пунктами. В случае отсутствия исходных геодезических пунктов на участки местности площадью до  $1 \text{ км}^2$  могут создаваться самостоятельные съемочные сети в своей условной системе координат.

Теодолитные ходы могут быть замкнутыми и разомкнутыми, опирающимися на две точки с известными координатами.

Теодолитные ходы намечают по направлениям наилучшего использования их для съемки местности и, по возможности, по местам с малыми углами наклона и благоприятными для измерения сторон хода.

Вершины теодолитных ходов выбирают так, чтобы они обеспечивали: видимость соседних вех, удобную постановку на них теодолитов, максимальную возможность использования их при съемке подробностей местности и определения с них переходных точек.

При теодолитной съемке измеряют горизонтальные углы теодолитом, а расстояния – мерной лентой, стальной рулеткой или оптическими дальномерами.

### **Задание**

Выполнить обработку замкнутого теодолитного хода и вычислить прямоугольные координаты опорных пунктов тахеометрической съемки.

### **Порядок выполнения работы**

Вычисление прямоугольных координат опорных пунктов тахеометрической съемки выполняется в «Ведомости вычисления координат вершин теодолитного хода» и осуществляется в следующей последовательности: указываются исходные данные, выполняется проверка измеренных горизонтальных углов и вычисляются дирекционные углы сторон теодолитного хода, вычисляются приращения координат, определяются прямоугольные координаты опорных пунктов.

*Заполнение координатной ведомости исходными данными.* В графах 1 и 13 координатной ведомости (таблица) сверху вниз последовательно записываются названия пунктов планово-съёмочного обоснования в соответствии со схемой (рис. 11.3): ПП 34, ПП 35, ТТ 1, ТТ 2, ПП 34, ПП 35.

В графу 2 заносятся значения измеренных горизонтальных углов (их средние значения) между сторонами теодолитного хода  $\beta_i$  по данным журнала тахеометрической съемки.

В графу 6 записывают величины горизонтальных проложений  $d_i$  сторон теодолитного хода по данным журнала тахеометрической съемки, так чтобы их значения располагались между строками графы 1, в которых указаны названия пунктов данной линии: ПП 35–ТТ 1 – 120,00 м; ТТ 1–ТТ 2 – 110,70 м и т. д.

В соответствии с вариантом из таблицы прил. Г определяется значение начального дирекционного угла  $\alpha_n$  для линии ПП 34–ПП 35.

**Ведомость вычисления координат вершин теодолитного хода**

Номер точки	Горизонтальный угол		Дирек- ционный угол $\alpha$	Румб сторо- ны $r$	Гори- зон- таль- ное проло- жение $d$ , м	Приращения координат, м				Координаты точек, м		Номер точки
	изме- ренный $\beta'$	урав- ненный $\beta$				вычисленные		уравненные		$X$	$Y$	
						$\pm\Delta X'$	$\pm\Delta Y'$	$\pm\Delta X$	$\pm\Delta Y$			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ПП 34	—	—								—	—	ПП 34
ПП 35	−0,5' 85°00,5'	85°00'	$\alpha_n$ 85°56'	—	—	—	—	—	—	$X_n$	$Y_n$	ПП 35
			180°56'	ЮЗ: 0°56'	120,00	−0,04 −119,98	+0,06 −1,99	−120,02	−1,93	1250,00	1220,00	
ТТ 1	−0,5'' 77°18'	77°17,5'	283°38,5'	СЗ: 66°21,5'	110,70	−0,03 26,12	+0,05 −107,57	26,09	−107,52	1129,98	1218,07	ТТ 1
ТТ 2	−0,5'' 98°30,5'	98°30'	5°08,5'	СВ: 5°08,5'	87,00	−0,02 86,65	+0,04 7,81	86,63	7,85	1156,07	1110,55	ТТ 2
ПП 34	−0,5'' 99°13'	99°12,5'	$\alpha_k$ 85°56'	—	—	—	—	—	—	$X_k$ 1242,70	$Y_k$ 1118,40	ПП 34
ПП 35	—	—								—	—	ПП 35
$\sum\beta' =$	359°58'				$\sum d_i =$ = 317,70	$\sum\Delta X' =$ = −7,21	$\sum\Delta Y' =$ = −101,75	$\sum\Delta X =$ = −7,30	$\sum\Delta Y =$ = −101,60			
$\sum\beta_{\text{теор}} =$	360°00'					$\sum\Delta X_{\text{теор}} =$ = −7,30	$\sum\Delta Y_{\text{теор}} =$ = −101,60					
$f_\beta =$	−0°02'					$f_X = 0,09$	$f_Y = −0,15$					
$f_{\beta \text{ доп}} =$	$1'\sqrt{n = 2'}$					$f_s = 0,17$	$f_s \text{ доп} =$ = 0,32					

В связи с тем что плано-съёмочным основанием тахеометрической съёмки в выполняемом задании является замкнутый теодолитно-нивелирный ход, то начальный дирекционный угол считается также конечным, т. е.  $\alpha_n = \alpha_k$ . В координатную ведомость (графа 4) вносят метки  $\alpha_n$  и  $\alpha_k$ , так чтобы записи дирекционных углов располагались между строками графы 1, где указаны названия пунктов хода: ПП 34–ПП 35.

В графах 11 и 12 координатной ведомости устанавливают метки  $X_n$  и  $Y_n$  для начальной точки ПП 35 и  $X_k$  и  $Y_k$  для конечной точки ПП 34 в строках, которые соответствуют значениям ПП 35 и ПП 34. Значения координат исходных пунктов выбираются из таблицы прил. Г.

*Уравнивание измеренных горизонтальных углов, вычисление дирекционных направлений.* В координатной ведомости (таблица) подсчитывают сумму измеренных углов  $\Sigma\beta_{\text{изм}}$  и теоретическую их сумму  $\Sigma\beta_{\text{теор}}$ , которая определяется по формуле

$$\Sigma\beta_{\text{теор}} = 180^\circ(n - 2). \quad (12.1)$$

Вычисленные значения  $\Sigma\beta_{\text{изм}}$  и  $\Sigma\beta_{\text{теор}}$  записываются в координатной ведомости в графы 1, 2.

Затем определяют фактическую величину угловой невязки

$$f_\beta = \Sigma\beta_{\text{изм}} - \Sigma\beta_{\text{теор}} \quad (12.2)$$

и допустимую величину угловой невязки

$$f_{\beta \text{ доп}} = 2'\sqrt{n}. \quad (12.3)$$

Если  $f_\beta \leq f_{\beta \text{ доп}}$ , измерения на местности и последующие вычисления являются верными.

Измеренные углы уравнивают (увязывают), т. е. распределяют между ними фактическую угловую невязку  $f_\beta$  в виде поправок

$$v_\beta = \frac{-f_\beta}{n}. \quad (12.4)$$

Значения поправок округляют до  $0,1'$ , берут со знаком, противоположным угловой невязке  $f_\beta$ , и сумма поправок должна быть равна величине  $f_\beta$ .

Поправки указываются в графе 2 над значениями измеренных горизонтальных углов.

В графе 3 записываются уравненные горизонтальные углы, которые вычисляются по формуле

$$\beta_{\text{урав } i} = \beta_{\text{изм } i} + \nu_{\beta i}. \quad (12.5)$$

Сумма уравненных горизонтальных углов должна равняться теоретической сумме  $\Sigma\beta_{\text{теор}}$ .

Дирекционные углы всех сторон хода последовательно вычисляются по формуле

$$\alpha_{i+1} = \alpha_i + 180^\circ - \beta_i \quad (\alpha_{i+1} < 360^\circ). \quad (12.6)$$

*Дирекционный угол следующей по ходу стороны равен дирекционному углу предыдущей стороны плюс  $180^\circ$  минус уравненный правый по ходу угол между этими сторонами (при этом конечное значение угла  $\alpha_{i+1}$  не должно быть больше  $360^\circ$ ).*

Вычисление дирекционных углов сторон теодолитного хода выполняется с контролем, в результате расчетов должно быть получено исходное значение  $\alpha_k = \alpha_n$  (сторона хода ПП 34–ПП 35).

Румб каждой стороны (графа 5) вычисляется со справочной целью в соответствии с формулами, которые должны быть известны студентам с предыдущих тем курса и учебников.

*Вычисление приращений координат.* Приращения координат, которые называются вычисленными, определяют в соответствии с формулами:

$$\Delta X'_i = d_i \cos \alpha_i; \quad (12.7)$$

$$\Delta Y'_i = d_i \sin \alpha_i. \quad (12.8)$$

При вычислениях на инженерном калькуляторе  $\Delta X'_i$  и  $\Delta Y'_i$  величины  $\alpha_i$  необходимо определять в градусах. Например, для стороны ПП 35–ТТ 1 дан угол  $\alpha = 180^\circ 57'$ , определяем  $\alpha_n = 57' / 60' + 180 = 180,95^\circ$ , вносим в память калькулятора  $x \rightarrow M$  и при  $d = 120,00$  м получаем  $\Delta X'_i = -119,98$  м;  $\Delta Y'_i = -1,99$  м. Величины  $\Delta X'_i$  и  $\Delta Y'_i$  записывают в ведомость (см. графы 7 и 8 таблицы) с округлением до 0,01 м и со знаком «+» или «-».

Определяют суммы вычисленных приращений координат  $\Sigma \Delta X'$  и  $\Sigma \Delta Y'$  (см. таблицу).

Вычисляют теоретические значения сумм приращений координат:

$$\Sigma \Delta X_{\text{теор}} = X_k - X_n; \quad (12.9)$$

$$\Sigma \Delta Y_{\text{теор}} = Y_k - Y_n \quad (12.10)$$

(см. таблицу).

Невязки вычисленных приращений координат определяют в соответствии с формулами:

$$f_X = \sum \Delta X' - \sum \Delta X_{\text{теор}}; \quad (12.11)$$

$$f_Y = \sum \Delta Y' - \sum \Delta Y_{\text{теор}} \quad (12.12)$$

(например в таблице  $f_X = +0,09$  м;  $f_Y = -0,15$  м).

Абсолютная невязка хода

$$f_s = \sqrt{f_X^2 + f_Y^2}, \quad (12.13)$$

а ее допустимая величина будет равна

$$f_{s \text{ доп}} = \frac{\sum d}{1000}, \quad (12.14)$$

т. е. одна тысячная от длины хода.

Абсолютная невязка хода  $f_s$  не должна превышать величину ее допустимого значения  $f_{s \text{ доп}}$ .

Если абсолютная невязка хода удовлетворяет условиям допустимости, то уравнивают вычисленные приращения координат  $\Delta X_i$  и  $\Delta Y_i$ . С этой целью фактические невязки  $f_X$  и  $f_Y$  преобразуют в поправки  $v_{X_i}$  и  $v_{Y_i}$  к соответствующим величинам  $\Delta X_i$  и  $\Delta Y_i$ . Вначале вычисляются коэффициенты:

$$K_X = \frac{-f_X}{\sum d}; \quad (12.15)$$

$$K_Y = \frac{-f_Y}{\sum d}. \quad (12.16)$$

Затем определяются поправки пропорционально длине соответствующих сторон хода:

$$v_{X_i} = K_X \cdot d_i; \quad (12.17)$$

$$v_{Y_i} = K_Y \cdot d_i. \quad (12.18)$$

Знак поправок  $v_{X_i}$  и  $v_{Y_i}$  противоположен знаку соответствующей невязки  $f_X$  или  $f_Y$ , а сумма поправок должна быть равна величине соответствующей невязки:

$$\sum v_{X_i} = -f_X; \quad (12.19)$$



$$\sum v_{Y_i} = -f_Y. \quad (12.20)$$

Вычисленные значения поправок записывают в графах 7 и 8 координатной ведомости над соответствующими значениями  $\Delta X'_i$  и  $\Delta Y'_i$ . Затем вычисляют уравненные приращения координат в соответствии с формулами:

$$\Delta X_i = \Delta X'_i + v_{X_i}; \quad (12.21)$$

$$\Delta Y_i = \Delta Y'_i + v_{Y_i} \quad (12.22)$$

и их значения записывают в графах 9 и 10 координатной ведомости (таблица).

Вычисляют суммы уравненных приращений координат, записывают полученные значения в графах 9 и 10 и выполняют контроль вычислений:

$$\sum \Delta X = \sum \Delta X_{\text{теор}}; \quad (12.23)$$

$$\sum \Delta Y = \sum \Delta Y_{\text{теор}}. \quad (12.24)$$

*Вычисление плановых координат пунктов хода.* Координаты вершин теодолитного хода (графа 11 и 12 координатной ведомости) начинают последовательно вычислять от известных координат  $X_n, Y_n$  (ПП 35) начальной точки хода и заканчивают для контроля определением известных координат  $X_k, Y_k$  конечной точки (ПП 34). При этом координата каждой следующей точки хода равна сумме координаты предыдущей точки и уравненного приращения координат:

$$X_{i+1} = X_i + \Delta X_i; \quad (12.25)$$

$$Y_{i+1} = Y_i + \Delta Y_i. \quad (12.26)$$

# **Лабораторная работа № 13**

## **СОСТАВЛЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА ПО МАТЕРИАЛАМ ТАХЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ**

*Цель лабораторной работы:* изучить и усвоить методику и технологию составления топографического плана местности по результатам тахеометрической съемки.

*Обеспечивающие средства:* линейка с миллиметровыми делениями, линейка Дробышева, транспортир геодезический ТГ-1, журнал тахеометрической съемки, ведомость вычисления координат вершин теодолитного хода, сборник условных знаков, инженерный калькулятор, рабочая тетрадь, чертежные принадлежности.

### **Общие сведения**

Тахеометрическая съемка, как и другие геодезические съемки, состоит из полевых и камеральных работ.

Камеральные работы сводятся к обработке полевых данных.

Важным этапом камеральных работ является составление топографического плана.

### **Задание**

Составить топографический план участка местности по данным опорного теодолитно-нивелирного хода и материалам тахеометрической съемки в масштабе 1:1000 с высотой сечения рельефа горизонталями через 1 м.

### **Порядок выполнения работы**

План строится в два этапа соответственно двум этапам выполнения полевых работ: 1) наносится геодезическая основа (пункты государственной геодезической сети), пункты геодезического сгущения и пункты съемочного обоснования по их прямоугольным координатам; 2) наносится ситуация, т. е. наносятся пикеты в местной системе полярных координат и рисуются контуры наземных объектов и горизонтали – рельеф.

*Нанесение координатной сетки.* На листе чертежной бумаги формата А2 строят сетку квадратов 10×10 см общим размером

30×40 см (рис. 13.1). Применяя линейку Дробышева Ф. В., используют свойства прямоугольного треугольника с отношением сторон 3 : 4 : 5.

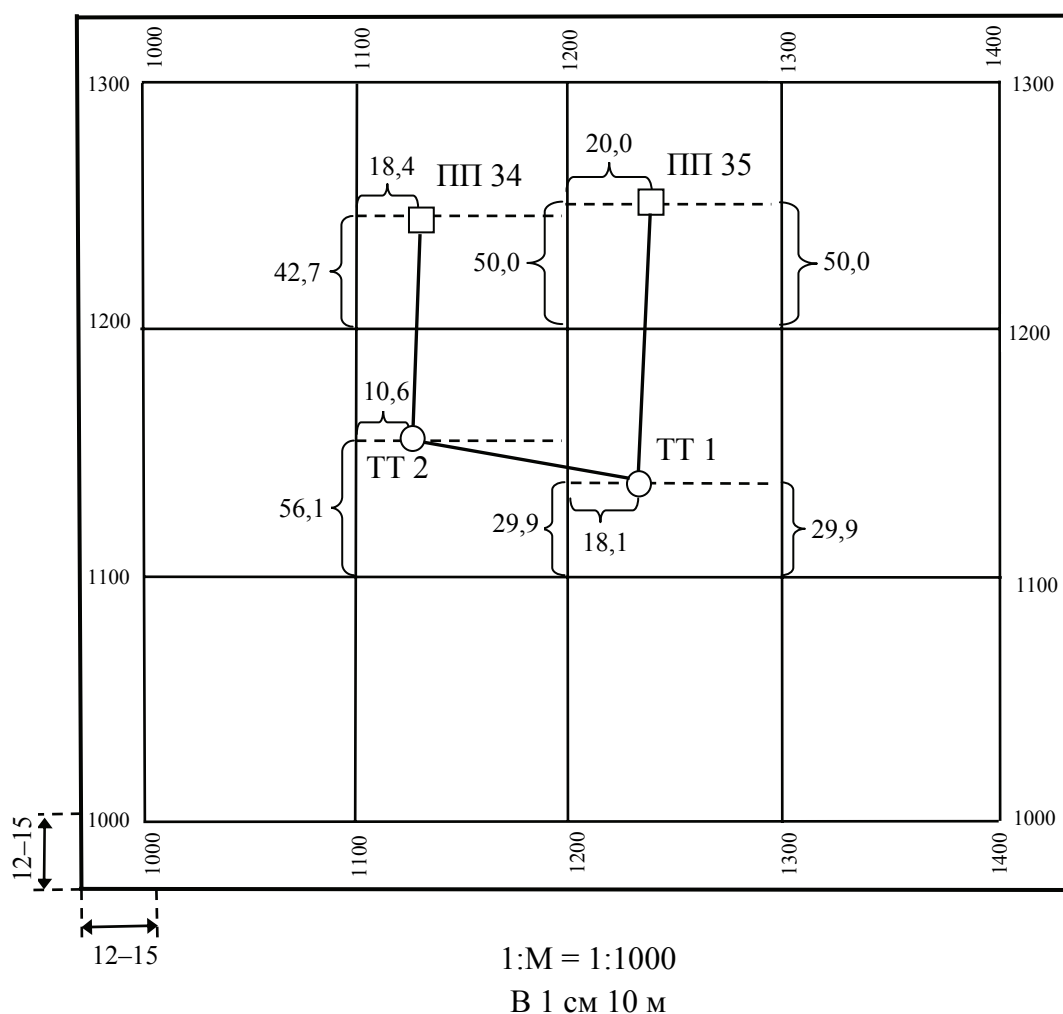


Рис. 13.1. Нанесение точек по их координатам

Координатную сетку оцифровывают для плана масштаба 1:1000 (в 1 см 10 м) так, чтобы пункт ПП 35 разместился в квадрате, показанном на рис. 13.1, на котором также дана схема нанесения точки с координатами  $X_{35} = 2052,25$  м;  $Y_{35} = 1511,50$  м. Аналогично наносят на план точки ТТ 1, ТТ 2 и ПП 34. Правильность их положения проверяется измерением на плане длин сторон между нанесенными пунктами планово-съёмочного обоснования. Данные для проверки выбираются из столбца 6 таблицы из лабораторной работы № 12. Допустимая погрешность длины составляет 0,5–0,8 мм.

*Нанесение съемочных пикетов и прочерчивание контуров объектов местности.* Съемочные пикетные точки наносят на план с помощью геодезического транспорта ТГ-1, циркуля-измерителя, масштабной линейки ЛМП-1 или тахеографа по их полярным координатам, записанным в журнале тахеометрической съемки (прил. Д) – на основании отсчета по горизонтальному кругу (столбец 5) и горизонтальному проложению  $d$  (столбец 8).

Как показано на рис. 13.1, для станции ТТ 1 полярная ось представлена линией ТТ 1–ПП 35. Это начальное направление указано также в журнале тахеометрической съемки для станции ТТ 1 записью «Ориентирование на ПП 35» и отсчетом горизонтального круга, равным  $0^{\circ}00'$  (см. прил. Д столбец 5), полученным при визировании на пункт ПП 35 в положении КЛ.

Транспортир ТГ-1 размечают на плане, совместив его центр с точкой ТТ 1, а нулевой штрих градусных делений направляют в сторону начала счета горизонтальных (полярных) углов по прочерченному направлению ТТ 1–ПП 35. Не снимая транспорта, сначала слабыми штрихами отмечают направления на пикетные точки, записанные в столбце 5, подписывая номера этих направлений. Затем по этим направлениям от точки ТТ 1 откладывают в масштабе плана горизонтальные проложения  $d$ , записанные в столбце 8 журнала тахеометрической съемки (прил. Д). Рядом с полученными пикетными точками подписывают их отметки  $H$  (столбец 12 журнала тахеометрической съемки (прил. Д)) и, пользуясь абрисом (см. рис. 11.4), наносят на план контуры объектов местности, сверяясь также с примечаниями в журнале тахеометрической съемки (прил. Д столбец 13).

*Изображение рельефа.* Рельеф земной поверхности изображается горизонталями с высотой сечения  $h_c = 1$  м. Для облегчения работы необходимо вычертить палетку из параллельных линий, проведенных на листе прозрачной основы (восковки) через 1 см (рис. 9.5, а). Каждую линию подписывают отметками горизонталей снизу вверх. Наименьшее значение отметки берется по пикетным точкам 5 и 6. На рис. 9.5, а нижняя линия палетки подписана отметкой 54 м.

Место горизонталей определяется между парами точек только по направлениям, указанным стрелками в абрисе (см. рис. 11.4).

Палетку кладут на план так, чтобы точка  $A$  расположилась между линиями палетки согласно подписанной отметке 54,8 м (см. рис. 9.5, б).

## ПЛАН УЧАСТКА

(тахеометрическая съемка 20 г.)



Отметки подписывают черным цветом только для пунктов съемочного обоснования и характерных точек местности (вершин

холмов, низких точек лощин, седловин). Коричневым цветом вычерчивают горизонтали и цифровые значения их высоты. Каждую пятую горизонталь утолщают до 0,3 мм при толщине остальных горизонталей 0,1–0,15 мм. В разрыве некоторых горизонталей в четырех-пяти местах плана подписывают их отметки, а основание цифр располагают в сторону понижения рельефа. Бергштрихи длиной не более 1 мм направляют также в сторону понижения рельефа. Всего вычерчивают 8–10 бергштрихов для выделения вершин возвышенных мест и показа наиболее низких мест в лощинах.

## **Лабораторная работа № 14**

# **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОЩАДЕЙ УЧАСТКОВ МЕСТНОСТИ НА ПЛАНЕ**

*Цель лабораторной работы:* освоить способы определения площадей участков местности по топографическим планам, научиться измерять площади географических объектов на плане различными способами и обрабатывать полученные результаты.

*Обеспечивающие средства:* топографический план масштаба 1:1000, линейка с миллиметровыми делениями, циркуль-измеритель, металлическая масштабная линейка (ЛПМ-1), калькулятор, калька, электронный планиметр (QСJ-2000), рабочая тетрадь, чертежные принадлежности.

### **Общие сведения**

Важным видом информации для решения различных инженерно-технических и планово-экономических задач является площадь объекта.

Под определением площади какого-либо участка на плане следует понимать совокупность измерительных и вычислительных работ, в результате которых получают площадь участка в натуре (в квадратных метрах, километрах, гектарах).

Следует иметь в виду, что по планам (картам) площадь определяется с меньшей точностью, чем по результатам непосредственных измерений на местности; при этом на точность определения площадей, кроме погрешностей измерений на местности, оказывают влияние погрешности построения плана (карты) и измерений на них, а также деформация бумаги.

Точные измерения возможны лишь по картам в достаточно крупных масштабах (не мельче 1:100 000). Однако на практике возникает необходимость в получении приближенных значений площадей, и в этом случае измерения могут быть выполнены по картам более мелких масштабов.

В настоящее время для определения площадей на картах и планах практически используются аналитический, графический и механический способы либо их комбинация.

При аналитическом способе площадь участка определяется по координатам его вершин с применением формул аналитической

геометрии. Точность способа зависит от точности определения координат.

Графический способ определения площади контура заключается в разбиении измеряемой площади на простейшие геометрические фигуры (треугольник, прямоугольник, трапеция) или использовании палетки. Измерив стороны или высоты, вычисляют площади простейших фигур по формулам геометрии. Окончательное значение площади контура находят как сумму площадей простейших фигур. Палетка представляет собой прозрачную основу, на которой построена сетка квадратов с известной стороной (квадратная палетка), нанесена серия параллельных линий (линейная палетка) или упорядоченная группа точек (точечная палетка) с известными расстояниями между ними (рис.14.1).

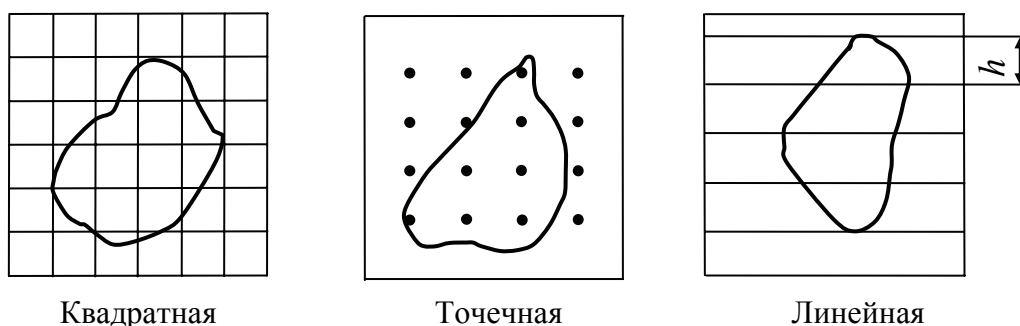


Рис. 14.1. Виды палеток

Механический способ заключается в измерении площадей фигур на плане (карте) с помощью специальных приборов – планиметров. Планиметр – механический или электронный прибор, который путем обвода плоской фигуры любой формы определяет ее площадь. Планиметры делят на линейные (у которых все точки прибора обвода фигуры подвижны) и полярные (у которых одна точка (полюс) во время обвода неподвижна).

Для контроля измерений и повышения точности, независимо от способа, площадь фигуры следует измерять не менее двух раз. За окончательное значение площади принимают среднее арифметическое из результатов измерений.

### Задания

**Задание 1.** На плане масштаба 1:1000, составленном по данным тахеометрической съемки, определить площадь сада, используя графический способ деления участка на правильные геометрические фигуры.



**Задание 2.** На плане масштаба 1:1000, составленном по данным тахеометрической съемки, определить площадь вырубки с помощью линейной (параллельной) палетки.

**Задание 3.** На плане масштаба 1:1000, составленном по данным тахеометрической съемки, определить площадь леса редкого с помощью электронного линейного планиметра QСJ-2000.

### Порядок выполнения работы

**Задание 1.** Графический способ определения площади заключается в делении участка на правильные геометрические фигуры (треугольники, четырехугольники и трапеции), вычислении площади отдельных фигур по известным формулам и суммировании полученных значений. Определение отдельных элементов фигур производится графически по карте или плану. Экспериментальным путем установлено, что более высокую точность определения площади получают при разбивке участка на треугольники.

Для определения площади сада разбиваем территорию на 2 треугольника (рис. 14.2), в которых с помощью циркуля-измерителя и масштабной линейки измеряем основания  $a_i$  и высоты  $h_i$  всех треугольников. Значения  $a_i$  и  $h_i$  целесообразно брать в сотнях метров на местности, что даст значение площади участка в гектарах. Для контроля и повышения точности измеряемую площадь разбиваем на два других треугольника и измеряем также их основания и высоты. Результаты измерений оформляем в табл. 14.1.

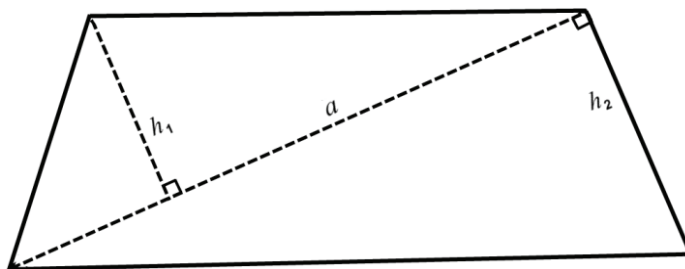


Рис. 14.2. Деление участка на правильные геометрические фигуры

Таблица 14.1

**Ведомость вычисления площади,  
определяемая делением участка на фигуры**

Номер фигуры	Вариант 1			Вариант 2		
	$a$ на 100 м	$h$ на 100 м	$S'$ , га	$a'$ на 100 м	$h'$ на 100 м	$S''$ , га

Площадь фигуры определяется по формуле

$$S' = \frac{a \cdot h}{2}. \quad (14.1)$$

Допустимое расхождение между результатами вычисляется по формуле

$$\Delta_{\text{пред}} = 0,04 \frac{M}{10\,000} \sqrt{S}, \quad (14.2)$$

где  $M$  – знаменатель масштаба карты или плана;  $S$  – площадь определяемого участка.

Если расхождение  $\Delta = S' - S''$  в значениях площади по абсолютной величине не превышает  $\Delta_{\text{пред}}$ , то за окончательный результат принимается среднее:

$$S = \frac{S' + S''}{2}. \quad (14.3)$$

*Задание 2.* Применение линейной (параллельной) палетки уменьшает возможность грубых просчетов.

Определение площади вырубki начинаем с вычерчивания палетки. Для этого на листе кальки формата А4 наносим параллельные линии, расстояния между которыми принимаем 1 см (10 мм). Накладываем палетку на контур участка так, чтобы одна из ее линий совпала с любой стороной измеряемого участка (рис. 14.3).

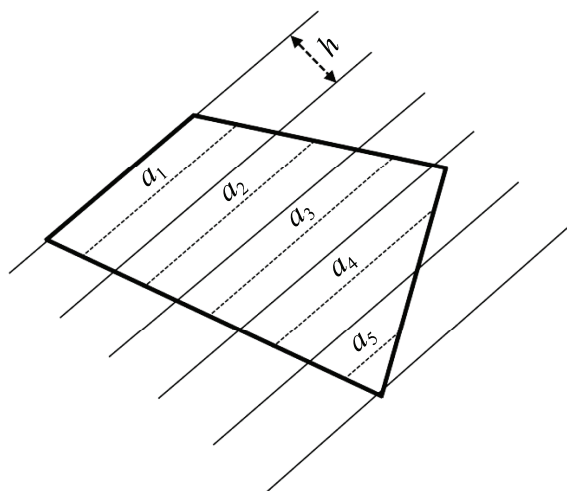


Рис. 14.3. Определение площади при помощи параллельной палетки

В результате измеряемый участок становится рассеченным параллельными линиями палетки на фигуры, имеющие форму, близкую к трапеции. Далее последовательно измеряем основания

всех трапеций  $a_1, a_2, \dots, a_n$  (основания трапеций изображены пунктиром) с точностью масштаба плана, используя для этого поперечный масштаб. Если учесть, что высоты всех трапеций постоянны и равны расстоянию  $h$  между линиями палетки, то площадь участка

$$S = h(a_1 + a_2 + \dots + a_n) = h \sum_{i=1}^n a_i, \quad (14.4)$$

где  $h$  – высота трапеций, равная расстоянию между линиями палетки в масштабе плана, м.

Для контроля, изменив положение палетки, площадь измеряют повторно.

Результаты измерений оформляют в табл. 14.2.

Таблица 14.2

**Ведомость вычисления площади, определяемая линейной палеткой**

Номер основания	Вариант 1	Вариант 2
	$a', \text{ м}$	$a'', \text{ м}$

За окончательный вариант принимаем среднее арифметическое из  $S'$  и  $S''$ .

Для оценки точности вычисляем  $\Delta = S' - S''$  и  $\Delta_{\text{пред}}$ .

**Задание 3.** QСJ-2000 – электронный планиметр полярного типа, предназначенный для определения площадей плоских фигур произвольной формы. Диапазон работы прибора по ширине – 300 мм, по длине – без ограничений. Планиметр может проводить измерения в любом масштабе. Доступны следующие единицы измерений – гектар, квадратный километр, квадратный метр, квадратный сантиметр, квадратный дюйм, квадратная миля, квадратный фут, акр.

Для определения площади леса редкого с помощью электронного планиметра QСJ-2000 необходимо нажать клавишу **Esc**. На дисплее должна появиться надпись – *AREA 0.0cm<sup>2</sup>*.

Нажмите **scale** – установка масштаба измерений. На экране появится надпись – *SCALE 1:*. Кнопками **cm<sup>2</sup>/0–qin/9** установите нужный масштаб. Например, чтобы установить масштаб 1:10 нажмите кнопку **m<sup>2</sup>/1** и **cm<sup>2</sup>/0**. На экране появится надпись *SCALE 1:10* – это обозначает, что на планиметре установлен масштаб 1:10.

Нажмите клавишу **unit** – установка единиц измерения. На экране появится надпись *MODULE cm<sup>2</sup>*. Нажимая одну из следующих клавиш: **cm<sup>2</sup>/0**, **m<sup>2</sup>/1**, **km<sup>2</sup>/4**, **ha/7** и т. д., установите нужную единицу измерения площади, после чего нажмите **enter**. На экране будет надпись *AREA 0.0m<sup>2</sup>* (*km<sup>2</sup>*, *ha* и т. д.) – это обозначает, что на планиметре установлена единица измерения *m<sup>2</sup>* (*km<sup>2</sup>*, *ha* и т. д.).

Подведите курсор планиметра к начальной вершине измеряемого участка и нажмите клавишу **trace** – начало измерения. На экране появится надпись *TRACE 0.0 cm<sup>2</sup>* (вместо *cm<sup>2</sup>* может быть другая единица измерения). Плавное и аккуратное обведение курсором планиметра по контуру измеряемого участка. Во время измерения показания на дисплее не изменяются. По окончании измерения, вернувшись в начальную вершину, откуда они начинались, нажмите **enter** – измерение окончено. На экране дисплея будет величина измеренной вами площади в следующем виде: *S'*: *xx.xx cm<sup>2</sup>*, где *xx.xx* – значение измерения.

Площадь участка определяется дважды. Поэтому для повторного измерения площади нажимаем клавишу **trace**. Плавное и аккуратное обведение курсором планиметра по контуру измеряемого участка. Вернувшись в начальную вершину, нажмите **enter**. На экране дисплея будет величина измеренной вами площади – *S''*.

За окончательный вариант принимаем среднее арифметическое из *S'* и *S''*.

Для оценки точности вычисляем  $\Delta = S' - S''$  и  $\Delta_{\text{пред}}$ .

# Лабораторная работа № 15

## ИЗУЧЕНИЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ ПРОЕКЦИЙ

*Цель лабораторной работы:* изучить наиболее распространенные картографические проекции и научиться их распознавать по виду сетки меридианов и параллелей; определить картографические проекции географических карт.

*Обеспечивающие средства:* варианты картографических проекций, циркуль-измеритель, линейка с миллиметровыми делениями, калька, рабочая тетрадь, чертежные принадлежности.

### Общие сведения

Картографические проекции обычно различают по характеру искажений, по виду вспомогательной геометрической проекции, с помощью которой сеть меридианов и параллелей с эллипсоида переносят на плоскость, а также по территориальному охвату.

По характеру искажений проекции делят на равноугольные, равновеликие и произвольные.

Равноугольные (конформные) проекции сохраняют величину углов, формы бесконечно малых фигур. Масштаб длин в каждой точке постоянен по всем направлениям и зависит только от положения точки. Эллипсы искажений выражаются окружностями различных радиусов.

Равновеликие проекции не искажают площади. В этих проекциях площади эллипсов искажений равны. Увеличение масштаба длин по одной оси эллипса искажений компенсируется уменьшением масштаба длин по другой оси, что вызывает сильное искажение форм.

Произвольные проекции искажают и углы, и площади. Среди них можно выделить равнопромежуточные проекции, во всех точках которых масштаб по одному из направлений, например по меридианам или параллелям, постоянен и равен главному.

По виду вспомогательной геометрической поверхности различают проекции: азимутальные, цилиндрические, конические.

Азимутальными называют проекции, в которых сеть меридианов и параллелей переносится с поверхности эллипсоида на касательную или секущую плоскость. Изображение около точки

касания почти совсем не искажается. Точка касания является точкой нулевых искажений.

Азимутальные проекции чаще всего применяются для территорий, протяженность которых по широте и долготе примерно одинакова; полярные азимутальные – для северного и южного полушарий; экваториальные – для восточного и западного полушарий и для карт Африки; горизонтальные – для карт Азии, Австралии и т. п.

Цилиндрическими называют проекции, в которых сеть меридианов и параллелей с поверхности эллипсоида переносится на боковую поверхность касательного (или секущего) цилиндра, затем цилиндр разрезается по образующей и разворачивается в плоскость. В зависимости от ориентировки цилиндра относительно оси земного эллипсоида различают проекции – нормальные, поперечные, косые.

Коническими называются проекции, в которых сеть меридианов и параллелей с поверхности эллипсоида переносится на боковую поверхность касательного или (секущего) конуса.

Поликоническими называются проекции, в которых сеть меридианов и параллелей с поверхности эллипсоида переносится на боковые поверхности нескольких конусов, каждый из которых разрезается по образующей и разворачивается в плоскость. В поликонических проекциях параллели изображаются дугами эксцентрических окружностей, центральный меридиан представляет собой прямую, все остальные меридианы – кривые линии.

Условными называются проекции, при построении которых не прибегают к использованию вспомогательных геометрических поверхностей. Сеть меридианов и параллелей строят по какому-нибудь заранее заданному условию.

Среди условных можно выделить псевдоцилиндрические и псевдоконические проекции, сохраняющие от исходных цилиндрических и конических проекций вид параллелей. В этих проекциях средний меридиан – прямая линия, остальные меридианы – кривые линии.

Условные проекции получили весьма широкое применение.

По территориальному охвату выделяются картографические проекции для карт мира, полушарий, материков и океанов, карт отдельных государств и их частей. По этому принципу построены таблицы-определители картографических проекций.

## **Задание**

Определить картографические проекции географических карт. Варианты задания предоставляются преподавателем.

### **Порядок выполнения работы**

Ознакомиться с таблицами для определения проекций карт мира, полушарий, материков и их крупных частей, а также карт бывшего СССР (прил. Е табл. Е.1–Е.4). Таблицы-определители организованы по единому принципу: в заголовках столбцов формулируются вопросы (условия); последовательно отвечая на них и переходя от левых столбцов к правым, область поиска в пределах строк сужается; в крайнем правом столбце приведено полное название искомой проекции, для которой выполняются все условия внутри соответствующей строки.

Для определения проекции необходимо, прежде всего, выяснить, какая территория изображена на карте и какой таблицей следует воспользоваться.

Картографические проекции распознаются по следующим трем основным типам признаков:

- 1) вид (форма) на карте меридианов и параллелей;
- 2) соотношение длин дуг меридианов между параллелями или параллелей между меридианами в двух разных частях карты или изменение величины этих дуг в пределах карты;
- 3) линия, изображающая экватор.

Для проекций карт полушарий, материков, частей света и океанов важным является третий признак.

Прямолинейность меридианов на карте проверяется с помощью линейки. При рассмотрении параллелей выясняют, являются ли они дугами окружностей, кривыми или прямыми линиями. Для того чтобы установить, является ли кривая дугой окружности, на листе кальки отмечают три точки этой кривой. Если они при движении листа по кривой совпадут с нею, то кривая – дуга окружности.

По форме меридианов и параллелей может быть легко опознан класс ряда проекций. Так, если на карте меридианы изображаются параллельными прямыми, а параллели – прямыми, перпендикулярными им, то это нормальная цилиндрическая проекция. Если на карте все параллели изображаются дугами концентрических окружностей, а меридианы прямыми, расходящимися из их общего центра под равными углами, то это нормальная коническая проекция. Карта, в которой параллели являются

концентрическими окружностями, а меридианы – расходящиеся из общего центра прямые, построена в нормальной азимутальной проекции и т. д.

Для определения изменения длины дуг среднего меридиана между соседними параллелями при удалении от экватора или центра материка и океана необходимо производить измерения между всеми имеющимися на карте параллелями. На некоторых картах средний прямолинейный меридиан не изображается, так как его долгота оказалась не кратной принятой для карты густоте сетки. Однако прямую линию, по которой он должен проходить, нетрудно найти. Она чаще всего располагается между двумя меридианами, выпуклыми в противоположные стороны.

Чтобы определить, как изменяются расстояния между соседними параллелями при удалении от среднего меридиана, целесообразно сравнить эти расстояния на среднем меридиане прежде всего с расстоянием между теми же параллелями у края карты. Причем делать это лучше в той части карты, которая ближе к полюсу, где в рамку попадают меридианы, дальше отстоящие от среднего.

Результаты работы оформляются в виде таблицы.

**Форма представления результатов определения  
картографических проекций**

Номер карты	Изображаемая на карте территория	Форма рамки карты	Форма меридианов и параллелей	Изменение промежутков между параллелями и меридианами	Дополнительные признаки проекции	Класс проекции по виду вспомогательной геометрической поверхности	Название проекции



# Приложение А

## Характеристика местности по карте

(номенклатура)

Параметр	Характеристика
<b>Данные о карте</b>	Численный масштаб _____ Именованный масштаб _____ Год издания _____
<b>Границы карты</b>	Географические координаты: $\varphi_c =$ _____ $\lambda_3 =$ _____ $\varphi_{ю} =$ _____ $\lambda_{в} =$ _____ Прямоугольные координаты: $X_{min} =$ _____ $Y_{min} =$ _____ $X_{max} =$ _____ $Y_{max} =$ _____
<b>Населенные пункты</b> (название, тип, численность населения, административное значение, структура и планировка, месторасположение на карте)	
<b>Пути сообщения</b> (для железных дорог – количество путей, название станций, которые связывает дорога; для шоссейных и других дорог – тип дороги, характер покрытия и ширина проезжей части и земляного полотна)	
<b>Гидрография</b> (реки, озера – названия объектов, протяженность, ширина, глубина, направление и скорость течения рек, наличие гидротехнических сооружений, а также мостов, паромов, бродов и их характеристики, наличие болот)	
<b>Рельеф</b> (высота сечения рельефа, общий характер рельефа территории, максимальные и минимальные отметки высот, их местоположение, название, наличие оврагов, обрывов, промоин с указанием их протяженности и глубины, антропогенные формы рельефа – карьеры, насыпи, выемки, курганы и т. п.)	Высота сечения рельефа $h_c =$ _____ м
<b>Растительный покров</b> (леса – местоположение, состав по породам, высота и толщина деревьев, среднее расстояние между ними; кустарники, луга)	

### Исходные данные для нивелирования участка по квадратам

Номер варианта	Отметка Н, м		Номер варианта	Отметка Н, м		Номер варианта	Отметка Н, м	
	точка I	точка II		точка I	точка II		точка I	точка II
<b>1</b>	55,775	54,100	<b>23</b>	57,975	56,300	<b>45</b>	60,175	58,500
<b>2</b>	55,875	54,200	<b>24</b>	58,075	56,400	<b>46</b>	60,275	58,600
<b>3</b>	55,975	54,300	<b>25</b>	58,175	56,500	<b>47</b>	60,375	58,700
<b>4</b>	56,075	54,400	<b>26</b>	58,275	56,600	<b>48</b>	60,475	58,800
<b>5</b>	56,175	54,500	<b>27</b>	58,375	56,700	<b>49</b>	60,575	58,900
<b>6</b>	56,275	54,600	<b>28</b>	58,475	56,800	<b>50</b>	60,675	59,000
<b>7</b>	56,375	54,700	<b>29</b>	58,575	56,900	<b>51</b>	60,775	59,100
<b>8</b>	56,475	54,800	<b>30</b>	58,675	57,000	<b>52</b>	60,875	59,200
<b>9</b>	56,575	54,900	<b>31</b>	58,775	57,100	<b>53</b>	60,975	59,300
<b>10</b>	56,675	55,000	<b>32</b>	58,875	57,200	<b>54</b>	61,075	59,400
<b>11</b>	56,775	55,100	<b>33</b>	58,975	57,300	<b>55</b>	61,175	59,500
<b>12</b>	56,875	55,200	<b>34</b>	59,075	57,400	<b>56</b>	61,275	59,600
<b>13</b>	56,975	55,300	<b>35</b>	59,175	57,500	<b>57</b>	61,375	59,700
<b>14</b>	57,075	55,400	<b>36</b>	59,275	57,600	<b>58</b>	61,475	59,800
<b>15</b>	57,175	55,500	<b>37</b>	59,375	57,700	<b>59</b>	61,575	59,900
<b>16</b>	57,275	55,600	<b>38</b>	59,475	57,800	<b>60</b>	61,675	60,000
<b>17</b>	57,375	55,700	<b>39</b>	59,575	57,900	<b>61</b>	61,775	60,100
<b>18</b>	57,475	55,800	<b>40</b>	59,675	58,000	<b>62</b>	61,875	60,200
<b>19</b>	57,575	55,900	<b>41</b>	59,775	58,100	<b>63</b>	61,975	60,300
<b>20</b>	57,675	56,000	<b>42</b>	59,875	58,200	<b>64</b>	62,075	60,400
<b>21</b>	57,775	56,100	<b>43</b>	59,975	58,300	<b>65</b>	62,175	60,500
<b>22</b>	57,875	56,200	<b>44</b>	60,075	58,400	<b>66</b>	62,275	60,600

# Приложение В

## Журнал технического нивелирования по теодолитно-нивелирному ходу на участке тахеометрической съемки

Но- мер стан- ции	Пикеты, реперы и про- межу- точные точки	Отсчеты по рейке, мм		Превы- шения $h', h''$ , мм	Сред- нее превы- шение $h_{\text{ср}}$ , мм	Абсо- лютные отметки $H$ , м	Примеча- ния
		задней З	передней П				
1	ПП 35	1244				$H_{35}$	Пункт полиго- нометрии 35
		6031					
	ТТ 1		2896				
			7679				
2	ТТ 1	2990					
		7773					
	X 1		1009				
			5790				
3	X 1	1546					
		6331					
	ТТ 2		0533				
			5322				
4	ТТ 2	2428					
		7213					
	X 2		0672				
			5459				
5	X 2	2696					Пункт полиго- нометрии 34
		7482					
	ПП 34		1148				
			5936			$H_{34}$	

$$\Sigma Z = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$\Sigma h_{\text{ср}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$\Sigma P = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$\Sigma h_{\text{теор}} = H_{\text{к}} - H_{\text{н}} = H_{34} - H_{35} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$\frac{(\Sigma Z - \Sigma P)}{2} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$f_h = \Sigma h_{\text{ср}} - \Sigma h_{\text{теор}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$f_{h \text{ доп}} = 10 \cdot \sqrt{n} = \underline{\hspace{2cm}}$$

## Приложение Г

### Исходные данные для топографической съемки

(для всех вариантов координаты пункта ПП 35 следующие:

$$X_{\text{ПП 35}} = 1250,00 \text{ м}, Y_{\text{ПП 35}} = 1220,00 \text{ м})$$

Номер вари- анта	Отсчеты по вертикальному кругу для точек		Дирекцион- ный угол $\alpha_{\text{ПП 34-ПП 35}}$	Отметки $H$ , м		Координаты пункта ПП 34	
	12	13		ПП 35	ПП 34	$X$ , м	$Y$ , м
1	3°22'	4°44'	85°56'	58,75	63,40	1242,70	1118,40
2	3°42'	4°28'	85°12'	58,85	63,50	1241,60	1118,30
3	3°10'	4°12'	86°51'	58,95	63,60	1244,30	1118,25
4	4°17'	4°00'	85°09'	59,05	63,70	1241,40	1118,29
5	4°37'	3°48'	86°54'	59,15	63,80	1244,40	1118,19
6	3°27'	3°40'	85°07'	59,25	63,90	1241,39	1118,28
7	4°22'	3°36'	86°59'	59,35	64,00	1244,55	1118,21
8	3°57'	4°40'	84°58'	59,45	64,10	1241,20	1118,27
9	4°42'	4°24'	86°26'	59,55	64,20	1243,55	1118,26
10	4°12'	4°08'	85°34'	59,65	64,30	1242,20	1118,20
11	4°32'	3°56'	86°31'	59,75	64,40	1243,74	1118,24
12	3°32'	3°04'	85°28'	59,85	64,50	1242,00	1118,23
13	3°22'	4°36'	86°34'	59,95	64,60	1243,80	1118,28
14	4°02'	4°20'	85°23'	60,05	64,70	1241,89	1118,16
15	4°47'	4°04'	86°37'	60,15	64,80	1243,94	1118,26
16	3°37'	3°52'	85°20'	60,25	64,90	1241,85	1118,21
17	4°52'	4°16'	86°42'	60,35	65,00	1244,01	1118,33
18	4°07'	4°32'	85°18'	60,45	65,10	1241,72	1118,24
19	3°21'	4°43'	86°02'	60,55	65,20	1242,91	1118,31
20	3°41'	4°27'	84°48'	60,65	65,30	1240,87	1118,37
21	3°09'	4°11'	86°17'	60,75	65,40	1243,30	1118,29
22	4°16'	3°59'	84°45'	60,85	65,50	1240,80	1118,28
23	4°36'	3°47'	86°13'	60,95	65,60	1243,10	1118,32
24	3°26'	3°39'	84°39'	61,05	65,70	1240,59	1118,36
25	4°21'	3°37'	86°16'	61,15	65,80	1243,16	1118,29
26	3°56'	4°39'	85°52'	61,25	65,90	1242,84	1118,19
27	4°41'	4°23'	86°21'	61,35	66,00	1243,44	1118,28
28	4°11'	4°07'	85°48'	61,45	66,10	1242,59	1118,16
29	4°31'	3°55'	85°40'	61,55	66,20	1242,18	1118,39
30	3°31'	3°03'	84°37'	61,65	66,30	1240,56	1118,35
31	3°21'	4°35'	85°36'	61,75	66,40	1242,06	1118,41

Номер вари- анта	Отсчеты по вертикальному кругу для точек		Дирекцион- ный угол $\alpha_{\text{ПП 34-ПП 35}}$	Отметки $H$ , м		Координаты пункта ПП 34	
	12	13		ПП 35	ПП 34	$X$ , м	$Y$ , м
32	4°01'	4°19'	84°33'	61,85	66,50	1240,43	1118,36
33	4°46'	4°03'	84°53'	61,95	66,60	1240,76	1118,49
34	3°36'	3°51'	84°27'	62,05	66,70	1240,21	1118,43
35	4°51'	4°15'	84°31'	62,15	66,80	1240,19	1118,60
36	4°06'	4°31'	85°45'	62,25	66,90	1242,53	1118,19
37	3°23'	4°45'	85°06'	62,35	67,00	1241,18	1118,48
38	3°43'	4°29'	85°22'	62,45	67,10	1241,82	1118,24
39	3°11'	4°13'	86°01'	62,55	67,20	1242,80	1118,37
40	4°18'	4°01'	85°19'	62,65	67,30	1241,78	1118,21
41	4°38'	3°49'	86°14'	62,75	67,40	1243,19	1118,34
42	3°28'	3°41'	85°25'	62,85	67,50	1241,94	1118,22
43	4°23'	3°37'	86°19'	62,95	67,60	1243,34	1118,33
44	3°58'	4°41'	84°51'	63,05	67,70	1240,99	1118,21
45	4°43'	4°25'	86°27'	63,15	67,80	1243,53	1118,31
46	4°13'	4°09'	85°37'	63,25	67,90	1242,33	1118,20
47	4°33'	3°57'	86°33'	63,35	68,00	1243,74	1118,30
48	3°33'	3°05'	85°41'	63,45	68,10	1242,46	1118,18
49	3°23'	4°37'	86°44'	63,55	68,20	1244,09	1118,29
50	4°03'	4°21'	85°53'	63,65	68,30	1242,81	1118,17
51	4°48'	4°05'	86°47'	63,75	68,40	1244,17	1118,26
52	3°38'	3°53'	85°33'	63,85	68,50	1242,14	1118,16
53	4°53'	4°17'	86°52'	63,95	68,60	1244,30	1118,31
54	4°08'	4°33'	85°55'	64,05	68,70	1242,87	1118,15
55	3°25'	4°41'	86°29'	64,15	68,80	1243,70	1118,26
56	3°45'	4°25'	84°38'	64,25	68,90	1240,56	1118,33
57	3°15'	4°09'	86°53'	64,35	69,00	1244,35	1118,19
58	4°22'	3°57'	84°55'	64,45	69,10	1241,07	1118,29
59	4°42'	3°45'	86°11'	64,55	69,20	1243,19	1118,40
60	3°32'	3°37'	84°49'	64,65	69,30	1240,91	1118,23
61	4°27'	3°33'	84°41'	64,75	69,40	1240,39	1118,32
62	4°02'	4°37'	84°25'	64,85	69,50	1240,19	1118,44
63	4°47'	4°21'	85°15'	64,95	69,60	1241,48	1118,48
64	4°17'	4°05'	85°30'	65,05	69,70	1242,11	1118,35
65	4°37'	3°53'	86°05'	65,15	69,80	1242,94	1118,31
66	3°37'	3°01'	86°41'	65,25	69,90	1244,23	1118,24

# Приложение Д

## Журнал тахеометрической съемки (приборы: теодолит 2Т-30, нивелирная рейка РНТ)

Номер точки	Высота наведения $v$	Дальность номер $D$ , м	К р у г	Отсчеты по кругу		Угол наклона $\pm v$	Горизонтальное проложение $d$ , м	Превышение, м			Отметки съёмочных пикетов $H_{сп}$ , м	Горизонтальные углы $\beta$
				горизонтальному ГК	вертикальному ВК			$\pm h'$	$i - v$	$\pm h = h' + i - v$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
СТАНЦИЯ ПП 35 (ориентирование на ПП 34)												
$i = 1,40$ м				МО = _____				$H_{ст} =$ _____				
ПП 34	1,40	—	П	178°44'	−0°31'	—	—	—	—	—	—	
ТТ 1	«	120,0	П	93°43'	0°49''	—	—	—	—	—	—	$\beta' =$
ПП 34	«	—	Л	0°00'	0°33'	—	—	—	—	—	—	$\beta'' =$
ТТ 1	«	120,0	Л	272°00'	−0°47'						—	$\beta_1 =$
СТАНЦИЯ ТТ 1 (ориентирование на ПП 35)												
$i = 1,35$ м				МО = _____				$H_{ст} =$ _____				
ПП 35	1,35	120,0	П	182°56'	−0°47'	—	—	—	—	—	—	
ТТ 2	«	110,8	П	105°37''	−1°32'	—	—	—	—	—	—	$\beta' =$
ПП 35	«	120,0	Л	0°00'	0°49'						—	$\beta'' =$
ТТ 2	«	110,8	Л	282°43'	1°34'						—	$\beta_2 =$
1	«	63,1	Л	38°36'	−1°14'							
2	«	169,9	Л	45°14'	0°19'							
3	«	149,3	Л	59°04'	0°21'							
4	«	101,5	Л	104°30''	−1°45''							
5	«	135,0	Л	119°30'	−1°46'							
6	«	93,8	Л	210°20'	−1°23'							
7	«	46,4	Л	226°20'	0°35'							
8	«	91,5	Л	233°30'	−0°01''							
СТАНЦИЯ ТТ 2 (ориентирование на ТТ 1)												
$i = 1,38$ м				МО = _____				$H_{ст} =$ _____				
ТТ 1	1,38	110,8	П	176°36'	1°34'	—	—	—	—	—	—	
ПП 34	«	87,12	П	78°05'	−2°09'	—	—	—	—	—	—	$\beta' =$
ТТ 1	«	110,8	Л	0°00'	−1°32'						—	$\beta'' =$
ПП 34	«	87,12	Л	261°30'	2°11'						—	$\beta_3 =$
9	«	98,9	Л	82°30'	−1°51'							
10	3,00	96,6	Л	99°30'	−0°50'							
11	1,38	86,1	Л	173°25'	0°03'							
12	«	44,1	Л	256°20'								
13	«	80,0	Л	240°40'								
14	«	96,4	Л	282°50'	−0°01'							
15	«	63,2	Л	301°30'	−0°02'							
16	«	31,1	Л	331°10'	−0°03'							
СТАНЦИЯ ПП 34 (ориентирование на ПП 35)												
$i = 1,30$ м				МО = _____				$H_{ст} =$ _____				
ТТ 2	1,30	87,12	П	208°54'	2°13'	—	—	—	—	—	—	
ПП 35	«	—	П	109°40'	0°35'	—	—	—	—	—	—	$\beta' =$
ТТ 2	«	87,12	Л	0°00'	−2°11'						—	$\beta'' =$
ПП 35	«	—	Л	260°48'	−0°33'	—	—	—	—	—	—	$\beta_4 =$

# Приложение Е

Таблица Е.1

## Определитель проекций карт мира

Форма меридианов	Форма параллелей	Изменение длин дуг среднего меридиана между соседними параллелями при удалении от экватора	Название проекции
Прямые	Прямые	Увеличиваются	Нормальная цилиндрическая Урмаева
		Остаются равными	Нормальная квадратная цилиндрическая
Кривые	Прямые	Уменьшаются	Псевдоцилиндрическая Мольвейде
		Увеличиваются	Псевдоцилиндрическая ЦНИИГАиК
Кривые	Дуги окружностей	Увеличиваются	Поликоническая ЦНИИГАиК, вариант БСЭ
		Остаются равными	Поликоническая ЦНИИГАиК

Таблица Е.2

## Определитель проекций карт полушарий

Форма параллелей	Изменение длин дуг среднего меридиана между соседними параллелями при удалении от центра полушария	Изменение длин дуг экватора между соседними меридианами при удалении от центра полушария	Линия, изображающая экватор	Название проекции
Кривые	Уменьшаются	Уменьшаются	Прямая	Поперечная азимутальная
			Кривая	Косая азимутальная ортографическая
	Уменьшаются	Остаются равными	Кривой	Косая азимутальная Ламберта
Кривые, меняющие направление кривизны в высоких широтах	Уменьшаются	Уменьшаются	Кривая	Косая азимутальная ЦНИИГАиК

Форма параллелей	Изменение длин дуг среднего меридиана между соседними параллелями при удалении от центра полушария	Изменение длин дуг экватора между соседними меридианами при удалении от центра полушария	Линия, изображающая экватор	Название проекции
Прямые	Уменьшаются	Уменьшаются	Прямая	Поперечная азимутальная ортографическая
Дуги окружностей	Длины дуг всех меридианов увеличиваются	–	Дуги окружностей	Нормальная азимутальная стереографическая

Таблица Е.3

**Определитель проекций карт материков, частей света и океанов**

Форма параллелей	Изменение длин дуг среднего меридиана между соседними параллелями при удалении от центра материка или океана	Изменение длины дуги средней параллели между соседними меридианами при удалении от среднего меридиана	Изменение расстояния между соседними параллелями при удалении от среднего меридиана	Линия, изображающая экватор	Название проекции
Кривые	Уменьшаются	Уменьшаются	Увеличивается незначительно	Кривая	Косая азимутальная Ламберта
				Прямая	Поперечная азимутальная Ламберта
Кривые	Уменьшаются	–	Увеличивается значительно	Кривая	Косая с овальными изоколами ЦНИИГАиК
				Прямая	Поперечная с овальными изоколами ЦНИИГАиК
Кривые, близкие к дугам окружностей	Уменьшаются	К востоку изменяется мало, а к западу увеличивается	Изменяется мало	Кривая	Условная ЦНИИГАиК



Форма параллелей	Изменение длин дуг среднего меридиана между соседними параллелями при удалении от центра материка или океана	Изменение длины дуги средней параллели между соседними меридианами при удалении от среднего меридиана	Изменение расстояния между соседними параллелями при удалении от среднего меридиана	Линия, изображающая экватор	Название проекции
Прямые	Уменьшаются	Не изменяется	Остается равным	Прямая	Псевдоцилиндрическая Урмаева
Дуги окружности	Длины дуг всех меридианов остаются равными	—	—	—	Нормальная азимутальная Постеля

Таблица Е.4

**Определитель проекций карт бывшего СССР**

Форма меридианов и параллелей	Изменение промежутков между параллелями по среднему (прямому) меридиану	Дополнительные указания о проекции	Название проекции
Параллели – дуги концентрических окружностей, меридианы – прямые	Увеличиваются от средней широты к северу и югу	Точка Северного полюса может быть получена в пересечении меридианов	Нормальная равноугольная коническая Ламберта – Гаусса
	Равны	Точка пересечения меридианов отстоит от дуги с широтой $90^\circ$ примерно на величину $3^\circ$	Нормальная коническая равнопромежуточная Красовского
		Точка пересечения меридианов отстоит от дуги с широтой $90^\circ$ примерно на величину $6^\circ$	Нормальная коническая равнопромежуточная Каврайского

Форма меридианов и параллелей	Изменение промежутков между параллелями по среднему (прямому) меридиану	Дополнительные указания о проекции	Название проекции
Параллели и меридианы – кривые	Увеличиваются к северу, между полюсом и параллелью $80^\circ$ в 1,3 раза больше, чем между параллелями $40$ и $50^\circ$	Прямой меридиан – $100^\circ$ восточной долготы; сетка зрительно передает шарообразность Земли	Косая перспективно-цилиндрическая Соловьева
	Равны	Прямой меридиан – $120^\circ$ восточной долготы; многие меридианы меняют направление выпуклости	Косая цилиндрическая равнопромежуточная ЦНИИГАиК
	Практически равны	Прямой меридиан – $90^\circ$ восточной долготы	Косая азимутальная ЦНИИГАиК
	Незначительно уменьшаются от средней широты к северу и югу	Прямой меридиан – $100^\circ$ восточной долготы; многие меридианы меняют направление выпуклости	Косая перспективно-цилиндрическая ЦНИИГАиК
Параллели – дуги эксцентрических окружностей, меридианы – кривые	Уменьшаются от юга к северу: между полюсом и параллелью $80^\circ$ составляют 0,9 величины расстояния между параллелями $40$ и $50^\circ$	Прямой меридиан – $90^\circ$ восточной долготы	Видоизмененная поликоническая Салмановой

# ПЕРЕЧЕНЬ ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ТЕРМИНОВ

**Абрис** – схематический чертеж участка местности с обозначением данных полевых измерений, необходимых для построения точного плана или профиля.

**Азимут** – горизонтальный угол, который отсчитывается от северного направления меридиана по ходу часовой стрелки до ориентируемой линий и изменяется от 0 до 360°.

**Бергштрих** – короткая черта в виде штриха на горизонталях топографических карт, указывающая направление вниз по склону.

**Высота сечения рельефа** – разность высот двух соседних горизонталей на топографической карте или плане.

**Высота точки (отметка)** – расстояние, отсчитанное по направлению отвесной линии от данной точки до поверхности отсчета.

**Географическая долгота** – угол между плоскостью меридиана, проходящего через данную точку, и плоскостью начального меридиана.

**Географическая сетка** – совокупность меридианов и параллелей на теоретически рассчитанной поверхности земного эллипсоида, шара или на глобусе.

**Географическая широта** – угол между отвесной линией в данной точке и плоскостью экватора.

**Географический меридиан** – линия сечения поверхности земного шара плоскостью, проведенной через какую-либо точку земной поверхности и ось вращения Земли.

**Горизонтал** – замкнутые кривые линии на карте, соединяющие точки земной поверхности с одинаковой абсолютной высотой.

**Дирекционный угол** – горизонтальный угол, отсчитываемый от северного направления осевого меридиана (положительного направления оси абсцисс) по ходу часовой стрелки до ориентируемой линий и изменяемый от 0 до 360°.

**Карта** – уменьшенное обобщенное изображение на горизонтальной плоскости всей Земли в целом или значительных ее частей с учетом кривизны земной поверхности.

**Картографическая проекция** – отображение поверхности эллипсоида или шара на плоскости.

**Картографическая сетка** – изображение на карте географических меридианов и параллелей в той или иной картографической проекции.

**Координатная (топографическая) сетка** – совокупность двух семейств взаимно перпендикулярных прямых, проведенных параллельно осям прямоугольных координат и образующих прямоугольную сетку.

**Легенда карты** – свод условных знаков и пояснений к карте.

**Магнитное склонение** – угол, под которым пересекаются магнитный и географический меридианы.

**Магнитный меридиан** – проекция силовой линии геомагнитного поля на поверхность Земли.

**Масштаб** – степень уменьшения или величина, показывающая во сколько раз уменьшены горизонтальные проекции линий местности при изображении их на планах, картах, профилях.

**Нивелирование** – определение превышений между точками земной поверхности, а затем и высот точек относительно некоторой избранной точки или над уровнем моря.

**Номенклатура топографических карт и планов** – система обозначения отдельных листов многолистной карты.

**Ориентирование линий** – определение направлений одних линий относительно других.

**Основная уровенная поверхность** – поверхность, которая в каждой своей точке перпендикулярна к направлению отвесной линии и имеет постоянный потенциал силы тяжести.

**Отвесная линия** – прямая, совпадающая с направлением действия силы тяжести в данной точке.

**Параллель** – линия сечения поверхности земного шара плоскостью, параллельной плоскости экватора.

**План** – уменьшенное и подобное изображение на горизонтальной плоскости горизонтальной проекции небольшого участка.

**Превышение** – разность абсолютных высот какой-либо точки земной поверхности относительно другой точки.

**Профиль** – уменьшенное изображение на горизонтальной плоскости вертикального разреза местности по заданному направлению.

**Разграфка карты** – система деления многолистной карты на листы.

**Рельеф** – совокупность неровностей на земной поверхности.

**Румб** – острый горизонтальный угол, отсчитываемый от ближайшего направления меридиана (северного или южного) к ориентируемой линии (изменяется от 0 до 90°).

**Сближение меридианов** – угол между геодезическим меридианом данной точки и линией, параллельной осевому меридиану координатной зоны.

**Уклон** – показатель крутизны склона; отношение превышения местности к горизонтальному проложению (например, уклон, равный 0,015, соответствует подъему 15 м на 1000 м расстояния).

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Несцяронак, В. Ф. Інжынерная геадэзія: падручнік / В. Ф. Несцяронак, М. С. Несцяронак. – Мінск: БДТУ, 1998. – 320 с.
2. Геодезия: учебник / М. С. Нестеренок [и др.]; под общ. ред. М. С. Нестеренок. – Минск: Университетское, 2001. – 312 с.
3. Чекалин, С. И. Основы картографии, топографии и инженерной геодезии: учеб. пособие / С. И. Чекалин. – М.: Академический проспект, 2009. – 392 с.
4. Кусов, В. С. Основы геодезии, картографии и космоаэро съемки: учеб. пособие / В. С. Кусов. – М.: Академия, 2009. – 255 с.
5. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. – М.: Недра, 1989. – 286 с.
6. Южанинов, В. С. Картография с основами топографии: учеб. пособие / В. С. Южанинов. – М.: Высш. шк., 2001. – 302 с.
7. Хренов, Л. С. Инженерная геодезия: учеб. пособие / Л. С. Хренов, С. Е. Баршай, В. Ф. Нестеренок; под ред. Л. С. Хренова. – Минск: Высш. шк., 1976. – 400 с.
8. Соломонов, А. А. Инженерная геодезия: учеб. пособие / А. А. Соломонов. – Минск: Высш. шк., 1983. – 328 с.
9. Инженерная геодезия: геометрическое нивелирование: метод. рекомендации / сост. В. Ф. Нестеренок. – Минск: БГТУ, 2007. – 53 с.
10. Нестеренок, В. Ф. Топографические и лесные карты: лаб. практикум / В. Ф. Нестеренок. – Минск: БГТУ, 2005. – 42 с.
11. Тэадалітная і бусольная здымкі з асновамі тапаграфічнага чарчэння: лаб. практыкум / В. Ф. Несцяронак [і інш.]; пад агул. рэд. В. Ф. Несцяронка. – Мінск: БДТУ, 2004. – 66 с.
12. Инженерная геодезия. Тахеометрическая съемка: метод. рекомендации / сост.: А. А. Пушкин, С. В. Ковалевский. – Минск: БГТУ, 2009. – 51 с.

# СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие .....	3
Общие указания .....	4
Лабораторная работа № 1. Масштабы планов и карт .....	5
Лабораторная работа № 2. Номенклатура топографических карт .....	15
Лабораторная работа № 3. Определение прямоугольных и географических координат на топографических картах .....	22
Лабораторная работа № 4. Изображение рельефа на топографических картах и планах. Решение типовых задач на картах с горизонталями .....	27
Лабораторная работа № 5. Условные знаки топографических и лесных планов и карт .....	33
Лабораторная работа № 6. Ориентирование направлений .....	38
Лабораторная работа № 7. Измерение ориентирующих углов на карте и местности. Устройство буссоли .....	46
Лабораторная работа № 8. Чтение топографических карт .....	52
Лабораторная работа № 9. Измерение превышений. Устройство нивелира с цилиндрическим уровнем .....	55
Лабораторная работа № 10. Измерение горизонтальных и вертикальных углов. Устройство теодолита .....	64
Лабораторная работа № 11. Обработка журнала тахеометрической съемки .....	70
Лабораторная работа № 12. Вычисление прямоугольных координат опорных пунктов тахеометрической съемки .....	77
Лабораторная работа № 13. Составление топографического плана по материалам тахеометрической съемки .....	84
Лабораторная работа № 14. Определение площадей участков местности на плане .....	89
Лабораторная работа № 15. Изучение и определение картографических проекций .....	95
Приложение А .....	99
Приложение Б .....	100
Приложение В .....	101
Приложение Г .....	102
Приложение Д .....	104
Приложение Е .....	105
Перечень топографо-геодезических терминов .....	109
Рекомендуемая литература .....	112

Учебное издание

**Ковалевский** Сергей Владимирович  
**Пушкин** Андрей Александрович  
**Сидельник** Николай Ярославович

# **ОСНОВЫ ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ**

## **ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ**

Учебно-методическое пособие

Редактор *Т. Е. Самсанович*  
Компьютерная верстка *С. С. Белявская*  
Корректор *Т. Е. Самсанович*

Подписано в печать 27.01.2013. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 6,6. Уч.-изд. л. 6,8.  
Тираж 100 экз. Заказ .

Издатель и полиграфическое исполнение:  
УО «Белорусский государственный технологический университет».  
ЛИ № 02330/0549423 от 08.04.2009.  
ЛП № 02330/0150477 от 16.01.2009.  
Ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск.